Münster.1931.№24

Phil. Diss.

Chemie

Einfluß von organischen Stoffen, insbesondere von Gründüngung, auf den Stickstoff- und sonstigen Nährstoffhaushalt des Bodens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

der

Philosophischen und Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster i. W.

vorgelegt von

Erich Mußla
aus Halbstadt.

DRUCK VON HERMANN BEYER & SÖHNE (BEYER & MANN)
IN LANGENSALZA.

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Dezember 1929.

Dekan: Prof. Dr. Wätjen.

Referent: Prof. Dr. Bömer.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Diese Dissertation ist in den „Landw. Versuchsstationen“ Bd. 112, Heft 3 u. 4 veröffentlicht worden.

Der Ernteertrag unserer Kulturgewächse hängt in erster Linie von der Menge des im Boden vorhandenen leichtaufnehmbaren Stickstoffs ab. Das haben nicht nur die Erfahrungen der Praxis, sondern auch die zahlreichen Stickstoffdüngungsversuche unzweifelhaft ergeben. Außerdem ist der Stickstoff das teuerste Düngemittel, und er geht gleichzeitig am leichtesten unter ungünstigen Bedingungen verloren. Zu besonders großen Verlusten führt die Auswaschung durch Regenwasser. Lawes und Gilbert berechneten den Stickstoffverlust in Rothamsted im Mittel von 4 Jahren zu 46,8 kg Stickstoff für ein Jahr und Hektar. Gerlach (1) hat in den Jahren 1906 bis 1918 ausgedehnte Lysimeterversuche über die Menge und Zusammensetzung der Sickerwässer angestellt und dabei folgende Stickstoffverluste im Jahre je Hektar ermittelt:

Bei gedüngtem Boden von 20,4—137,6 kg,
bei ungedüngtem Boden von 20,6—274,7 kg Stickstoff.

Daß die ungedüngten Böden hierbei größere Stickstoffverluste erlitten haben, rührt zum Teil daher, daß diese Böden in allen Fällen größere Mengen an Sickerwasser geliefert haben als die gedüngten Böden. W. M. Higby (2) gibt als Mittel für Nitratverluste durch Sickerwässer auf Grund eigener Lysimeterstudien Mengen von 28,0—33,6 kg im Jahre je Hektar an. v. Seelhorst (3) fand als Verlustmenge durch Dränwasser 8,3—64,7 % des gesamten Stickstoffes, den er dem Boden durch Gründüngung zugeführt hatte. Vielfach wird auch

ein Stickstoffverlust durch die Verdunstung von Ammoniak angenommen. Genaue Zahlen lassen sich dafür nicht erbringen. Doch kommt P. Ehrenberg (4) in einer sehr ausführlichen Arbeit auf Grund zahlreicher besprochener Arbeiten und eigener Versuche zu dem Ergebnis, daß die als Ammoniak verdunsteten Stickstoffmengen äußerst unbedeutend seien.

Eine weitere Ursache von Stickstoffverlusten ist die Denitrifikation. Sie ist nicht, wie man nach dem Namen annehmen könnte, ein Vorgang, der Salpetersäure und salpetrige Säure in Ammoniak verwandelt; vielmehr zersetzen sich in Wirklichkeit unter dem Einflusse von Kleinlebewesen die Nitrate und Nitrite vollkommen, indem der Sauerstoff zur physiologischen Oxydation verwertet und der Stickstoff im molekularen Zustande zum Teil in die Atmosphäre ausgeschieden wird. Nitrate werden dabei zuerst zu Nitriten reduziert. Der weitere Verlauf des Prozesses ist noch nicht aufgeklärt (5). Ursprünglich wurde die Reduktion von Nitraten als reine chemische Wechselwirkung zwischen Nitrit und Aminosäure im Boden angesehen (6). Gegenwärtig herrscht aber die Ansicht vor, daß die Denitrifikation eine rein physiologische Erscheinung ist, die den gebundenen Sauerstoff den Mikroben zum Atmungsprozeß verfügbar macht. So stellten Arbeiten von P. Ehrenberg (7) außer Zweifel, daß eine bakterielle Nitratzersetzung unter reichlicher Entbindung von freiem Stickstoff vorkommt.

Die ersten anaëroben Bakterien wurden 1886 aus Ackerböden isoliert (Bacterium denitrificans α und β) (8). Seitdem ist eine große Anzahl zur Denitrifikation befähigter Bakterien bekannt geworden.

Unter dem Einfluß frischer, nicht steriler organischer Substanz wird ein Teil des Salpeters im Boden reduziert, ein anderer Teil in Eiweiß umgewandelt. Schneidewind (9) stellte zuerst die Eiweißbildung fest. Des weiteren haben Pfeiffer und Lemmermann (10) die Eiweißfestlegung nachgewiesen und andererseits berechnet, daß durch den Abbau des Nitratmoleküles zu elementarem Stickstoff der Gesamtvorrat des Bodens Verluste an Stickstoffverbindungen bis zu 8 % erleiden kann.

Unter natürlichen Bedingungen entwickelt sich aber eine starke Denitrifikation nur bei großem Überschuß an organischen

Stoffen und stark gehemmtem Sauerstoffzutritt (11). Sie hängt in erster Linie von deren Gehalt an Pentosanen ab (12). Als besonders geeignet sind solche organischen Substanzen anzusehen, die leicht zersetzbar sind, da sie ja die Energiequelle für diese Bakterien darstellen: Glyzerin, Zuckerarten, Stärke (13). Stroh ist schon schwerer angreifbar. Aber sogar unter dem Einfluß des rohen Ledermehles konnten Pfeiffer und Lemmerman Denitrifikation beobachten. Nolte fand sie bei Rückständen von Chinarinden.

Während so in zahlreichen Arbeiten für eine große Anzahl organischer Stoffe die Fähigkeit, Denitrifikation zu begünstigen, gefunden wurde, habe ich mir die Aufgabe gestellt, durch regelmäßig ausgeführte Nitratuntersuchungen den Verlauf der Denitrifikation im Laufe einer Vegetationsperiode bei Zusätzen von Stroh, Torf, Papier und Sägemehl zum Boden quantitativ zu verfolgen.

Den Verlusten, die ein Boden an Stickstoff erfahren kann, steht aber unter normalen Verhältnissen ein Gewinn an leicht aufnehmbaren Stickstoffverbindungen aus verschiedenen Quellen gegenüber.

Aus dem unerschöpflichen Vorrat an Stickstoff in der Luft kann dem Boden nach J. König (14) durch folgende Vorgänge gebundener Stickstoff zugeführt werden:

1. Durch die Bildung von Stickoxyden in der Luft durch elektrische Entladungen;
2. durch die Bildung von Stickoxyden beim Verdampfen von Wasser;
3. durch den Übergang des freien Stickstoffes in gebundenen bei Oxydationsvorgängen.

Die dem Boden durch Regenwasser zugeführte Menge Stickstoff ist aber nur gering. J. König berechnet sie im Mittel je Hektar Fläche und Jahr auf 14,25 kg Stickstoff. Haselhoff (15) kommt auf Grund eigener Untersuchungen zu einem gleichen Resultat.

Die Anreicherung des Bodenstickstoffes durch freilebende Bodenorganismen beobachteten vor langen Jahren schon Berthelot und Frank. v. Caron-Ellenbach gründete dann darauf seine Ansichten über die Brachewirtschaft. Bestimmt nachgewiesen wurde diese Fähigkeit zur Stickstoffanreicherung durch freilebende niedere Organismen zuerst

durch Winogradski, der mit Hilfe seiner „elektiven Kultur“ zum ersten Male Clostridium Pasteurianum züchten konnte. Dann entdeckte Beijerinck (16) sein Azotobacter chroococcum (unbeweglich) und Azotobacter agile (beweglich und fluoreszierend). Auch einige Algen und Pilze kommen hier in Betracht.

Die Stickstoffbindung ist eine Reduktion: Der molekulare Stickstoff wird von Mikroben zu Ammoniak reduziert, letzteres in Aminosäuren übergeführt und aus diesen schließlich Eiweiß aufgebaut (17). Für Azotobacter agile haben Kostytschew und Ryskaltschuck (18) diese Umwandlung nachgewiesen. Die durch die freilebenden Bakterien gewonnene Stickstoffmenge schätzen Schloesing und Laurent (19) auf 20—40 kg Stickstoff je Hektar. Andere Forscher geben 16—25 kg an. Wegen der Überführung des freien Luftstickstoffs durch freilebende Kleinlebewesen im Boden hat man die Brache vielfach als hervorragendes Meliorationsmittel für die Landwirtschaft angesehen. Aber angesichts dieser geringen Mengen lehnt Pfeiffer (20) die Anwendung der Brache zum Zwecke der Stickstoffansammlung im Boden ab. Er bezeichnet sie direkt als Raubbau und sagt: „Jeder Landwirt, dessen Felder zur Verbesserung ihrer physikalischen Bodenverhältnisse nicht unbedingt gebracht werden müssen, bei denen sich der angedeutete Zweck also noch auf andere Weise erreichen läßt, wird unzweifelhaft dem Leguminosenanbau der Brachehaltung gegenüber den Vorzug erteilen.“ Auch Haselhoff (21) kommt zu einem solchen Resultat bei Beurteilung von Brachevversuchen, aber Löhnis (22) weist auf die Unmöglichkeit hin, mittels chemischer Untersuchung allein ein solches Urteil aussprechen zu können. Nach Heinze (23) kommt die Brache für Sandböden im praktischen Betriebe überhaupt nicht und für die schwereren Böden nur zum Teil in Betracht. Die durch sie gewonnenen Mengen Stickstoff reichen bei weitem nicht aus, den Stickstoffbedarf unserer Kulturpflanzen zu decken.

Um welche Bedarfsmengen es sich hierbei handelt, ist aus einer Zusammenstellung zu ersehen, die das Sonderheft 8 der „Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung des Statistischen Reichsamtes“ (24) bringt. Darnach betrug die Gesamtzufuhr an Stickstoff aus Stallmist, Leguminosengründüngung und Kunstdünger für das Rechnungsjahr 1926/27 431 316,3 t Stickstoff; durch Leguminosen wurden dem Acker zugeführt:

Gesamtstickstoff	11 011,5 t,
ausnutzbarer Stickstoff (35 %) .	3 854,3 t,
durch Kunstdünger	391 516,0 t.

Wenn auch die durch Gründüngung zugeführten Stickstoffmengen nur einen kleinen Teil der Gesamtmenge ausmachen, so ist doch zu bedenken, daß hierdurch gleichzeitig noch andere für den Pflanzenbau wichtige Vorteile gewonnen werden.

Unter Gründüngung sind hier nur die Pflanzen berücksichtigt, die dem Boden Stickstoff aus dem Luftvorrat zuführen, also nur die Leguminosen.

Diese Ausnahmestellung der Leguminosen war schon den alten Römern bekannt. In zahlreichen Schriften ist ihre Anwendung empfohlen worden. Im germanischen Dreifeldersystem hat die Gründüngung allerdings keinen Platz gefunden. Erst im Anfang des neunzehnten Jahrhunderts erlangte sie, von Südfrankreich kommend, etwas Bedeutung. Schultz-Lupitz (25) brachte sie in seinem „Lupitzer System" wieder zur Geltung. Man machte die Wahrnehmung, daß die bessere Wirkung einer Leguminosen-Vorfrucht gegenüber einer Gramineen-Vorfrucht auf den durch die Leguminosen erhöhten Stickstoffgehalt zurückzuführen sei. Lawes und Gilbert erkannten in jahrelangen Versuchen, daß bei ununterbrochenem Anbau von Zerealien die Produktion von stickstoffhaltiger Substanz bis auf das Minimum von 37 kg Stickstoff auf 1 ha Fläche herunterging, bei welcher Menge sie im Gleichgewicht blieb. Dieser Gehalt hob sich sofort beim Zwischenschalten von Erbsen oder Klee. Den bestimmten Nachweis, daß es Organismen gibt mit der Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimilieren, erbrachte bereits Berthelot (26). Im Jahre 1838 hatte Boussingault schon Versuche darüber angestellt. In seinen ersten Arbeiten finden sich die Differenzen in der Stickstoffernährung der Leguminosen und des Getreides vollständig richtig ausgesprochen. Später aber verwarf er diese ersten Arbeiten auf Grund neuerer, durch Experimente begründeter Anschauungen aus den Jahren 1851—1854 wieder. Erst die grundlegenden Untersuchungen von Hellriegel und Willfarth (27) brachten die Gewißheit, daß eine Stickstoffbindung durch Leguminosen besteht und daß sie zustande kommt durch die Lebensgemeinschaft mit den Wurzelknöllchenbakterien. Sie konnten auch erklären, warum die von Boussingault angestellten Versuche negativ ausgefallen waren: Er hatte sterilisierten Boden verwendet, in dem die notwendige Bakterienflora noch nicht vorhanden war. 1891 gelang es M. W. Beijerinck Bacterium radicicola zuerst in Reinkultur zu züchten.

Die Praxis erkannte die Wichtigkeit einer gründlichen Bearbeitung der Probleme der Gründüngung sehr bald. Es entstand der deutsche Sonderausschuß für Gründüngungspflanzen, der zum ersten Male am 18. März 1891 zusammentrat. Zahl-

reich sind die Arbeiten, die über die Menge Stickstoff berichten, die dem Boden durch Gründüngungspflanzen zugeführt wird und über die Ertragswirkung auf die Nachfrucht. Bereits 1869 brachten Weiske und Werner (28) die erste Tabelle über Zusammensetzung der Stoppel- und Wurzelrückstände von 4 Gramineen und Leguminosen. M. Hoffmann (29) stellte eine Tabelle zusammen, deren Angaben je Hektar als Mittelzahlen aus einer großen Reihe von Untersuchungen verschiedener Forscher errechnet sind:

	Frische Substanz	Trockensubstanz	Stickstoff
	dz	dz	kg
Oberirdische Substanz.			
Hauptfrucht . . .	346,0	48,9	139,2
Untersaat	178,2	39,1	117,8
Stoppelsaat	207,2	35,4	104,8
Wurzeln und Stoppeln.			
Hauptfrucht . . .	—	6,00	18,5
Untersaat	14,66	5,54	14,74
Stoppelsaat	18,30	5,90	13,20

Die Steigerung der Erträge durch Gründüngung ist aber nur zu einem Teile der Stickstoffwirkung zuzuschreiben. Wie nämlich von verschiedenen Seiten (30) gefunden worden ist, vermag die Leguminosengründüngung die wasserhaltende Kraft und Nährstoffabsorption des Bodens zu vermehren, seine Vorräte an Stickstoff zu ergänzen, die im Untergrunde schlummernden Schätze mineralischer Pflanzennährstoffe zu heben und dem Kreislauf der Wirtschaftsstoffe einzureihen und zu gleicher Zeit die physikalische Struktur leichter und schwerer Böden günstig zu beeinflussen, die Tätigkeit der Kleinlebewesen zu fördern und den Unkrautwuchs zu unterdrücken.

Zur Klärung dieser landwirtschaftlich sehr wichtigen Frage habe ich weitere Versuche ausgeführt, um den Einfluß von Gründüngungspflanzen und organischen Stoffen auf den Nährstoff-, insbesondere den Stickstoffhaushalt des Bodens festzustellen.

Für solche Untersuchungen ist eine einwandfreie Probenahme von außerordentlicher Wichtigkeit, da bei den geringen im Boden vorhandenen Stickstoffmengen durch fehlerhafte Probenahme falsche Ergebnisse gefunden werden können. Auf

eine gleichmäßige Probenahme ist deshalb ganz besondere Sorgfalt verwendet worden.

I. Einfluß von verschiedenen organischen Stoffen auf den Stickstoffhaushalt des Bodens.

A. Untersuchungen aus dem Jahre 1928.

Der Einfluß von organischen Stoffen auf den Stickstoffhaushalt des Bodens wurde durch Vegetationsversuche geprüft. Als Versuchsboden diente im Jahre 1928 ein sandiger Lehmboden aus der Soester Börde.

Es wurden 5 Reihen zu je 6 Töpfen gebildet. Die erste Reihe blieb ohne jeden Zusatz, während die übrigen Reihen Zusätze von Stroh, Torf, Papier und Sägemehl in einer Menge von 50 g je Topf erhielten. Der Stickstoffgehalt dieser Stoffe war folgender:

Tabelle 1.

Substanz	Gehalt an Stickstoff %	Auf 1 kg Boden zugeführt Stickstoff mg
Stroh	0,49	30,6
Torf	1,47	91,8
Papier	0,14	8,7
Sägemehl	0,19	11,8

Der Wassergehalt des Bodens wurde auf 60 % der wasserhaltenden Kraft gebracht und während der Vegetationszeit konstant gehalten. Bei 4 Töpfen jeder Reihe wurden je 7 Gerstenkörner ausgesät, während 2 Töpfe unbepflanzt blieben, um bepflanzten und unbepflanzten Boden vergleichen zu können.

Das Wachstum der Pflanzen der einzelnen Reihen zeigte von Anfang an deutliche Unterschiede. Gegenüber dem Boden ohne Zusatz blieben die Pflanzen von sämtlichen anderen Reihen in ihrer Entwicklung mehr oder weniger stark zurück. Diese Depressionswirkung hörte aber in der Torfreihe schon nach wenigen Wochen auf, so daß hier der Unterschied gegenüber dem Boden ohne Zusatz sehr bald ausgeglichen war. Gegen Ende der Vegetationszeit zeigten die Pflanzen der Töpfe dieser Reihe das beste Wachstum. Bei den Böden, welche Zusätze von Papier, Stroh und Sägemehl erhalten hatten, blieb das Pflanzenwachstum bis zum Schluß ein wesentlich schlechteres.

In diesem Versuch wurde lediglich nach der Ernte aus sämtlichen Töpfen eine Probe entnommen und auf Gesamtstickstoff untersucht.

Verhalten des Gesamtstickstoffes: Die Bestimmung des Gesamtstickstoffes im Boden nach Kjeldahl bietet Schwierigkeiten. Pfeiffer (31) hat auf Grund eigener Untersuchungen festgestellt, daß zuverlässige Durchschnittswerte nur aus etwa 20 Einzelbestimmungen ermittelt werden können, da die Bestimmungen von vielen Zufälligkeiten abhängig sind. Auch R. Thiele (32) hat in einer Besprechung der Schwierigkeiten von Probenahme und Untersuchungsmethoden darauf hingewiesen, wie schwer es selbst mit der verbesserten Kjeldahl-Methode ist, geringe Stickstoffschwankungen im Boden nachzuweisen. Eine besondere Schwierigkeit entsteht durch den im Boden vorhandenen Nitratstickstoff. Er wird nach dem ursprünglichen Kjeldahl-Verfahren nicht erfaßt, wodurch zu niedrige Stickstoffwerte gefunden werden. Diese Fehlerquelle wird ausgeschaltet, wenn man zur Aufschließung des Bodens statt der gewöhnlichen Schwefelsäure die von Jodlbauer angegebene Phenolschwefelsäure verwendet.

Die nachstehenden Stickstoffbestimmungen wurden sämtlich nach dem Verfahren von J. König und J. Hasenbäumer (33) ausgeführt und haben folgendes ergeben:

Tabelle 2.

Gehalt an Gesamtstickstoff in 1 kg Boden in mg.

Boden	Unbepflanzt mg	Bepflanzt mg
Ohne Zusatz	832	838
Mit Strohzusatz	883	848
Mit Torfzusatz	954	892
Mit Papierzusatz	838	804
Mit Sägemehlzusatz	858	826
Mittel	873	844

Die Differenz zwischen den Stickstoffgehalten der bepflanzten und unbepflanzten Böden beträgt im Mittel 29 mg zugunsten des unbepflanzten Bodens. In erster Linie dürfte diese Differenz natürlich dadurch zu erklären sein, daß die wachsenden Pflanzen einen Teil der Stickstoffverbindungen aus dem Boden aufgenommen haben. Ob außerdem noch andere Ur-

sachen für eine Stickstoffabnahme beim bepflanzten Boden in Frage kommen, muß dahingestellt beiben, da das Erntegewicht der Versuchspflanzen nicht einwandfrei festgestellt werden konnte, weil infolge Vogelfraßes bei verschiedenen Töpfen Verluste eingetreten waren. Immerhin lassen die gefundenen Zahlen die Unterschiede in der Wirkung der einzelnen zugesetzten Stoffe auf den Ernteertrag deutlich erkennen. Sie waren folgende:

Tabelle 3.

Boden	Stroh	Korn	Gesamternte
	g	g	g
Ohne Zusatz	6,3	5,5	11,8
Mit Strohzusatz	2,6	0,2	2,8
Mit Torfzusatz	16,3	2,1	18,4
Mit Papierzusatz	2,8	0,2	3,0
Mit Sägemehlzusatz	1,9	0,2	2,1

Die Erntezahlen bestätigen die während der Vegetationszeit gemachten Beobachtungen, daß der Torfzusatz eine günstige Wirkung gezeigt hat, während Stroh, Papier und Sägemehl zu starken Wachstumsdepressionen geführt haben.

Zur Nachprüfung und Vervollständigung der Ergebnisse wurde der Versuch im Jahre 1929 wiederholt.

B. Untersuchungen aus dem Jahre 1929.

Als Versuchsboden diente ein lehmiger Sand vom Versuchsgut Sprakel der Landwirtschaftskammer für die Provinz Westfalen. Es wurden wieder 5 Reihen zu je 6 Töpfen mit den gleichen Zusätzen von Stroh, Torf, Papier und Sägemehl in einer Menge von 50 g je Topf gebildet. Der Stickstoffgehalt dieser Zusätze ist in der Tabelle 1 angegeben. Der Wassergehalt des Bodens wurde wie im Vorjahre auf 60 % der wasserhaltenden Kraft gebracht und während der Vegetationszeit auf dieser Höhe gehalten.

Am 17. April wurden bei 4 Töpfen jeder Reihe je 7 Haferkörner ausgesät, während 2 Töpfe unbepflanzt blieben.

Das Wachstum der Pflanzen zeigte wieder von Anfang an deutliche Unterschiede der einzelnen Reihen. Mit Ausnahme des Bodens ohne Zusatz blieben die Pflanzen aller übrigen Reihen zunächst im Wachstum stark zurück. Nach einigen Wochen erholten sich die Pflanzen auf dem Boden mit Torf-

zusatz wesentlich und zeigten am Schluß der Vegetationszeit das beste Wachstum. Die Pflanzen der Reihe mit Papierzusatz hatten einige Wochen länger unter Wachstumsdepressionen zu leiden. Anfang Juli begannen auch diese sich langsam besser zu entwickeln. Ihre Entwicklung blieb aber hinter derjenigen der Pflanzen vom Boden ohne Zusatz zurück. Bei der Reihe mit Stroh- und besonders bei der mit Sägemehlzusatz war das Wachstum bis zum Schluß ein sehr schlechtes.

Neben dem verschiedenen Wachstum der Haferpflanzen zeigte auch das aufkommende Gras und Unkraut der Töpfe deutliche Unterschiede. Am meisten waren die Töpfe ohne Zusatz und diejenigen mit Torfzusatz von Unkraut befallen. Der Boden mit Papierzusatz, auf dem sich anfangs wenig Unkraut entwickelt hatte, zeigte Ende Juli fast das gleiche Bild. Bedeutend weniger Unkraut war auf dem Boden mit Strohzusatz zu finden, während der Zusatz von Sägemehl fast jede Unkrautentwicklung verhindert hatte.

Am 7. August erfolgte die Ernte des Hafers.

Während der Versuchsdauer wurden in regelmäßigen Zeitabständen aus den unbepflanzt gebliebenen Töpfen jeder Reihe Proben entnommen. Von den 4 bepflanzt gewesenen Töpfen wurden nach der Ernte gleichfalls Proben entnommen und je 2 zu einer Probe vereinigt, so daß die Untersuchungen doppelt ausgeführt wurden. Bei diesen Probenahmen sind die Wurzel- und Stoppelreste sorgfältig entfernt worden, um den darin enthaltenen Stickstoff nicht als Bodenstickstoff mitzubestimmen.

Mit diesen Probenahmen wurde am 29. Mai, also 42 Tage nach Beginn des Versuches angefangen.

1. Verhalten des Nitratstickstoffs.

Die Bestimmung des Nitratstickstoffes erfolgte nach der Methode von H. Riehm (34). J. Blom und C. Treschow (35) halten diese Methode zwar für sehr geeignet für Massenuntersuchungen, glauben aber nicht besonders exakte Resultate durch sie zu finden. Denn mit vielen organischen Verbindungen entstehen bei Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure dunkel gefärbte Lösungen, die eine Erkennung von Nitrat durch die Diphenylaminreaktion erschweren sollen. Ich habe jedoch keine Schwierigkeiten bei Anwendung dieser Methode gefunden.

Ihre Ergebnisse sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tabelle 4.
Gehalt der Böden an Nitratstickstoff in mg in 1 kg Boden.

Tag der Probenahme	1 Boden ohne Zusatz mg	2 Boden mit Stroh mg	3 Boden mit Torf mg	4 Boden mit Papier mg	5 Boden mit Sägemehl mg
17. April 1929 . . .	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
29. Mai 1929	18,0	3,0	10,0	2,0	1,0
7. Juni 1929	7,8	1,2	8,0	2,0	0,8
17. Juni 1929	6,0	0,3	16,0	0,9	0,1
28. Juni 1929	5,0	0,7	6,5	2,0	0,4
12. Juli 1929	10,0	1,0	15,0	5,0	0,4
22. Juli 1929	12,5	1,0	28,0	8,4	Spuren
7. August 1929 . . .	10,0	4,0	15,0	6.0	0,3
Mittel	9,4	2,1	13,0	4,0	1,0

Der Nitratgehalt des Bodens 1 (ohne Zusatz) hat sich in den ersten 42 Tagen des Vegetationsversuches verdreifacht. Dann erfolgt eine Abnahme bis auf die ursprüngliche Menge (am 28. Juni). Bis zum 22. Juli steigt der Gehalt wieder und geht dann wieder etwas zurück. Diese Reihe veranschaulicht also den Nitratgehalt, den der Boden ohne Zusatz von organischen Stoffen den Pflanzen zur Verfügung stellt.

Der Nitratgehalt des Bodens 2 (mit Stohzusatz) beginnt sofort mit einer Abnahme und geht bis zu der geringen Menge von 0,3 mg am 17. Juni zurück. Wenn diese nachher auch wieder ansteigt, so erreicht der Boden mit 4,0 mg am 7. August doch noch nicht die Hälfte vom Gehalt des Bodens ohne Zusatz.

Der Nitratgehalt des Bodens 3 (mit Torfzusatz) wird zunächst in den ersten Wochen verdoppelt, ohne aber den Gehalt des Bodens 1 zu erreichen. Bereits am 17. Juni ist der Nitratgehalt fast dreimal so hoch wie beim Boden ohne Zusatz. Bis zum Schluß des Vegetationsversuches bleibt dann Boden 3 am nitratreichsten.

Beim Boden 4 (mit Papierzusatz) erfährt der Gehalt an Nitratstickstoff eine sofortige starke Abnahme bis zu 0,9 mg am 17. Juni. Dann nimmt die Nitratmenge regelmäßig schnell

zu. Der Nitratgehalt dieses Bodens liegt bis zum Abschluß des Versuches zwischen denjenigen der Böden 1 und 2.

Bei weitem die stärksten Schädigungen läßt Boden 5 (mit Sägemehlzusatz) erkennen. Sein Gehalt an Nitraten sinkt am 17. Juni auf 0,1 mg. Auch in den folgenden Wochen der Vegetationsperiode werden keine größeren Nitratmengen als 0,4 mg ermittelt.

Das beträchtliche Ansteigen des Nitratgehaltes auf allen Böden im Juli ist zweifellos auf die erhöhte Temperatur des Sommers zurückzuführen.

Wenn man die Böden nach dem Nitratgehalt, der im Mittel während der Versuchsperiode gefunden ist, ordnet, so ergibt sich folgende Reihenfolge:

1. Boden mit Torfzusatz . . . = 13,0 mg Nitratstickstoff
2. Boden ohne Zusatz . . . . = 9,4 „ „
3. Boden mit Papierzusatz . . = 4,0 „ „
4. Boden mit Strohzusatz . . = 2,1 „ „
5. Boden mit Sägemehlzusatz . = 1,0 „ „

Die Änderung des Gehaltes an Nitratstickstoff im Boden während der Wachstumsperiode durch Zusätze von verschiedenen organischen Stoffen wird besonders deutlich durch die graphische Darstellung veranschaulicht:

(Siehe nebenstehende Abbildung.)

Aus der Tabelle 4 ersieht man also, wieviel Nitratstickstoff der Boden unter dem Einfluß von verschiedenen organischen Stoffen den Pflanzen zur Verfügung stellt.

Um zu sehen, in welchem Grade die Pflanzen während der Vegetation, bezw. sofort nach der Ernte den Nitratstickstoffgehalt des Bodens in Anspruch genommen haben, wurden sofort nach Abernten des Hafers aus den bepflanzten sowie unbepflanzten Töpfen Bodenproben entnommen und auf ihren Gehalt an Nitratstickstoff untersucht.

Tabelle 5.

Gehalt an Nitratstickstoff in 1 kg Boden in mg.

Boden	Unbepflanzt	Bepflanzt
Ohne Zusatz	10,0	0,5
Mit Strohzusatz	4,0	0,3
Mit Torfzusatz	15,0	0,3
Mit Papierzusatz	6,0	0,3
Mit Sägemehlzusatz	0,3	Spuren
Mittel	7,0	0,3

Wie sich aus Tabelle 5 ergibt, haben die Haferpflanzen den Nitratstickstoff bis auf geringe Reste verbraucht, während in den unbepflanzt gebliebenen Töpfen je nach erhaltenem Zusatz noch mehr oder minder große Mengen von Nitratstickstoff enthalten sind.

Verlauf der Umsetzungen des Nitratstickstoffes in den unbepflanzten Böden vom 17. April bis 7. August 1929.

Ohne Zusatz: —...—...
mit Strohzusatz: .....
mit Torfzusatz: — — — —
mit Papierzusatz: —.—.—
mit Sägemehlzusatz: ————.

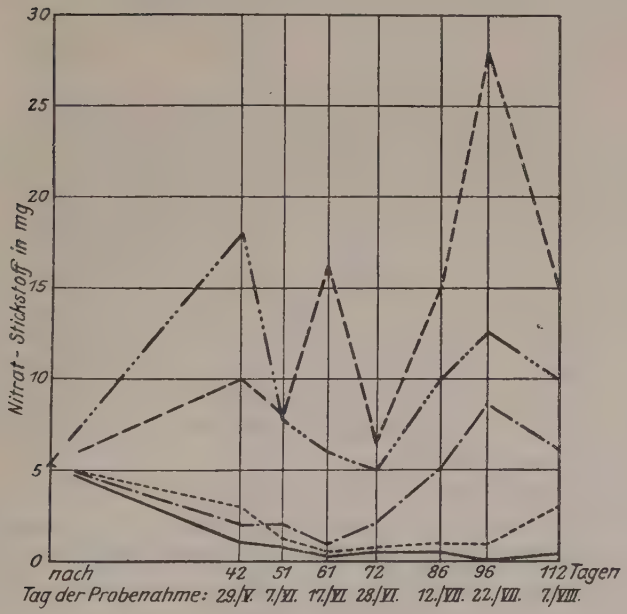

Abb. 1.

2. Verhalten des Ammoniakstickstoffes.

Zur Untersuchung über die Änderung des Gehaltes an Ammoniakstickstoff im Boden während der Wachstumszeit wurden von den beiden unbepflanzt gebliebenen Töpfen jeder Reihe in größeren Zeitabständen Proben entnommen und nach dem Verfahren von König und Hasenbäumer unter-

sucht. Die gefundenen Werte zeigt die Tabelle 6 in Milligramm auf 1 kg Boden.

Tabelle 6.

Gehalt der Böden an Ammoniakstickstoff in mg in 1 kg Boden.

Tag der Probenahme	1 Boden ohne Zusatz mg	2 Boden mit Stroh mg	3 Boden mit Torf mg	4 Boden mit Papier mg	5 Boden mit Sägemehl mg
17. April 1929 . . .	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
29. Mai 1929	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
17. Juni 1929	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
23. Juli 1929	24,5	12,2	8,7	7,0	5,2
7. August 1929 . . .	10,5	7,0	10,5	12,2	3,5

Der Gehalt an Ammoniakstickstoff der 5 Reihen zeigt bei den Probenahmen in den beiden ersten Monaten keinen wesentlichen Unterschied. Bis dahin haben die einzelnen Zusätze keine wesentliche Änderung des Ammoniakstickstoffgehaltes im Boden bewirkt. Am 23. Juli ist die vorhandene Ammoniakmenge bei dem Boden ohne Zusatz stark angestiegen. Eine Erklärung für dieses Ansteigen läßt sich zurzeit nicht geben. — Der Boden mit dem Sägemehlzusatz zeigt von Mitte Juni bis zum Schluß des Versuches eine regelmäßige Abnahme seines Ammoniakgehaltes. Alle anderen Reihen zeigen während der ganzen Vegetationszeit keine größeren Schwankungen in ihrem Gehalte an Ammoniakstickstoff.

Um festzustellen, ob ein Unterschied im Ammoniakgehalt zwischen bepflanztem und unbepflanztem Boden vorhanden ist, sind am Tage der Ernte Proben aus allen Töpfen entnommen und untersucht worden. Je 1 kg Boden sind vorhanden Ammoniakstickstoff in Milligramm:

Tabelle 7.

Boden	Unbepflanzt	Bepflanzt
Ohne Zusatz	10,5	12,2
Mit Strohzusatz	7,0	9,6
Mit Torfzusatz	10,5	12,2
Mit Papierzusatz	12,2	12,2
Mit Sägemehlzusatz . . .	3.5	3,5
Mittel	8,7	9,9

Es besteht hierdurch im Ammoniakgehalt kein wesentlicher Unterschied zwischen den bepflanzten und unbepflanzt gebliebenen Böden. Man muß annehmen, daß in demselben Maße wie der aus dem Ammoniak gebildete Nitratstickstoff von den Pflanzen aufgenommen wird, auch wieder aus den organischen Stickstoffverbindungen Ammoniak neu gebildet wird.

3. Verhalten des Gesamtstickstoffes.

Wie im Jahre 1928, so wurden auch in diesem Jahre nach der Ernte aus den 2 unbepflanzten und aus den 4 bepflanzten Töpfen jeder Reihe nach sorgfältigster Entfernung von Stoppeln und Wurzeln Proben in der angegebenen Weise auf Gesamtstickstoff untersucht. Die Stickstoffbestimmung des Bodens vor dem Beginn des Versuches hatte 1044 mg auf 1 kg Boden ergeben.

Tabelle 8.

Gehalt der Böden an Gesamtstickstoff in mg in 1 kg Boden.

Boden	Unbepflanzt	Bepflanzt
Ohne Zusatz	1066	1056
Mit Strohzusatz	1060	1082
Mit Torfzusatz	1048	1063
Mit Papierzusatz	1093	1053
Mit Sägemehlzusatz . . .	1075	1026
Mittel	1068	1056

Die Differenz im Stickstoffgehalt zwischen bepflanzten und unbepflanzten Töpfen beträgt am Schluß des Versuches im Mittel 12 mg. Diese Differenz läßt sich gut aus den Ergebnissen der Ernte (S. 18) erklären, denn durch die Pflanzen sind, wie noch gezeigt wird, im Mittel aus allen Reihen 16,4 mg Stickstoff auf 1 kg Boden entzogen worden. Stickstoffverluste im Boden habe ich also nicht feststellen können, so daß als schädigender Einfluß durch Zusätze von organischen Stoffen weniger ein Entweichen von elementarem Stickstoff angesehen werden kann, als vielmehr eine Festlegung des leichtlöslichen Stickstoffes.

4. Ernte 1929.

Die Versuchspflanzen der verschiedenen Reihen wurden am 7. August geerntet. Das Gewicht der lufttrockenen Ernte und den Stickstoffgehalt der Ernte zeigt Tabelle 9.

Tabelle 9.

Boden	Stroh g	Körner g	Gesamternte (lufttrocken) g	Stickstoff im Stroh %	Stickstoff in den Körnern %	Stickstoff in der Gesamternte mg	Stickstoffentzug auf 1 kg Boden mg
Ohne Zusatz . . .	9,6	8,9	18,5	0,44	1,89	210	26,2
Mit Strohzusatz . .	2,8	2,0	4,8	1,16	1,78	68	8,5
Mit Torfzusatz . .	12,5	9,4	21,9	0,52	1,95	248	31,0
Mit Papierzusatz . .	3,3	2,9	6,2	1,16	2,00	96	12,0
Mit Sägemehlzusatz .	2,8	1,7	4,5	0,44	1,19	33	4,1
						Mittel	16,4

Wie im Vorjahre lassen auch hier die gefundenen Zahlen die Unterschiede in der Wirkung der einzelnen zugesetzten Stoffe auf den Ernteertrag deutlich erkennen.

Der Zusatz von Torf hat, verglichen mit dem Ernteertrag des Bodens ohne Zusatz, zu einem Mehrertrag geführt. Bei der Reihe mit dem Papierzusatz ist eine Ernteverminderung bis auf ein Drittel der Ernte des Bodens ohne Zusatz eingetreten. Ein noch geringerer Ertrag ergab sich in den Reihen des Stroh- und des Sägemehlzusatzes, wo bei gleicher Erntemenge in der Sägemehlreihe nur die Hälfte des Stickstoffgehaltes der Pflanzen der Strohreihe erreicht wurde.

Die gleiche Reihenfolge in der Bewertung der einzelnen Versuchsreihen ergab sich auf Grund der Umsetzungen des Salpeterstickstoffes im Boden.

II. Der Einfluß von Gründüngung auf den Stickstoffhaushalt des Bodens.

A. Versuche auf Böden in gemauerten Steinkästen.

Ein Teil der Versuche über den Einfluß von Gründüngung auf den Nährstoff-, besonders den Stickstoffhaushalt des Bodens wurde in gemauerten Kästen im Garten der Versuchsstation Münster ausgeführt. Als Versuchsböden dienten 6 für Westfalen typische Böden, und zwar:

1. Sandboden,
2. Lehmiger Sandboden,
3. Lehmboden,
4. Kalkboden,
5. Tonboden,
6. Schieferboden.

Diese sechs Bodenarten, die schon jahrelang Versuchszwecken gedient haben, befinden sich in 0,5 m hoher Schicht auf einer 2 m hohen Sand- und Kiesschicht in gemauerten Kästen, deren 3,75 qm große Oberfläche durch Bretter in drei Teilstücke von je 1,25 qm geteilt wurde.

Ein Teilstück von jeder Bodenart wurde im Frühjahr 1928 mit Rüben bepflanzt, um die Änderungen im Nährstoff- und Stickstoffhaushalt der Böden ohne den Einfluß von Gründüngung verfolgen zu können. Auf den zweiten Teilstücken wurden Wicken ausgesät. Das dritte Teilstück wurde beim Sand- und lehmigen Sandboden mit Serradella besät, während es bei den anderen Böden mit Bohnen bepflanzt wurde. Die Leguminosen wurden am 9. August geerntet. Nach Feststellung des Ernteertrages und Entnahme einer Probe zur Stickstoffbestimmung wurde die Ernte gehäckselt und untergegraben. Die durch das Untergraben der Leguminosenernte dem Boden zugeführten Stickstoffmengen in Milligramm auf 1 kg Boden sind in der Tabelle 16, bei den Untersuchungen auf Gesamtstickstoff, aufgeführt.

Die Ernte der Rüben erfolgte am 8. Oktober 1928.

Am 3. Mai 1929 wurden auf den Teilstücken des Kalk-, Ton- und Schieferbodens Kartoffeln (Böhms Allerfrühste Gelbe) gepflanzt; sie wurden am 30. August geerntet.

Um den Einfluß der Gründüngung auf den Stickstoffhaushalt des Bodens zu prüfen, wurden in der Zeit vom 29. März 1928 bis 30. August 1929 zahlreiche Bodenproben entnommen und auf Nitrat-, Ammoniak- und Gesamtstickstoff untersucht. Dabei ist der Kalkboden, bei dem Stickstoffbestimmungen nach K j e h l d a h l infolge des hohen Gehaltes an kohlensaurem Kalk (ca. 40 %) schlecht ausführbar waren, nur zur Bewertung der Gründüngungswirkung auf die Nachfrucht herangezogen worden.

1. Verhalten des Nitratstickstoffes.

a) Böden ohne Gründüngung: Die Ergebnisse der Nitratbestimmungen in den Böden, die mit Rüben bepflanzt waren, veranschaulichen also, wieviel Nitratstickstoff der Boden ohne Einwirkung von Gründüngung zur Verfügung stellte, nämlich:

Tabelle 10.
Gehalt an Nitratstickstoff in 1 kg Boden in mg.

Tag	Nähere Angaben	1 Sand mg	2 Lehmiger Sand mg	3 Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4 Ton mg	5 Schiefer mg	Mittel 4 u. 5 mg
29. März 1928	Vor der Pflanzung . .	2,5	4,5	3,6	3,5	3,0	2,7	2,9
9. Aug. 1928	Während des Wachs-	1,6	2,3	1,8	1,9	2,0	1,7	1,9
8. Okt. 1928	tums der Rüben	0.8	1,3	1,0	1,0	1,8	1,4	1,6
19. März 1929	Nach der Rübenernte .	2,0	3,0	3,0	2,7	2,0	3,6	2,8
13. Mai 1929	Beim Pflanzen der Kartoffeln	Brache				Kartoffeln		
		3,0	6,0	4,0	4,3	4,0	6,0	5,0
18. Juni 1929	Während des Wachstums der Kartoffeln	6,6	13,9	5,1	8,5	3,5	9,0	6,3
5. Juli 1929		9,0	12,0	6,4	9,1	2,4	2,4	2,4
16. Juli 1929		6,4	7,2	6,0	6,5	0,9	1,0	1,0
2. Aug. 1929		5,0	6,5	1,2	4,2	Spuren	0,4	0,2
21. Aug. 1929		5,0	15,0	4,8	8,3	1,0	2,0	1,5
30. Aug. 1929	Bei der Ernte der Kartoffeln	7,5	17,0	7,2	10,6	1,5	4,0	2,8

Der Nitratgehalt nimmt, wie die Tabelle zeigt, während des Wachstums der Rüben bis Anfang Oktober 1928 auf allen Böden ab. Nach der Ernte der Rüben aber steigt die Nitratmenge wieder an, sodaß sie bis zum März 1929 die ursprüngliche Höhe ungefähr erreicht und bis Mitte Mai bereits überschritten hat.

Vom 13. Mai 1929 an, an welchem Tage auf den schweren Böden Kartoffeln gepflanzt wurden, müssen die leichten Böden (Sand, lehmiger Sand und Lehm) einerseits und Ton- und Schieferboden andererseits getrennt betrachtet werden. Denn während bis dahin, wie die Mittelzahlen aus leichten und schweren Böden erkennen lassen, die Änderungen gleichmäßig

verlaufen sind, zeigen sich von diesem Zeitpunkt an große Unterschiede im Nitratgehalt.

Dieser steigt bei den Böden 1—3 bis Anfang Juli weiter an. In den nächsten Wochen, bis Anfang August, fällt er dann wieder, um von da bis zum Abschluß des Versuches (30. August) wieder anzusteigen. Wenn auch die Mengen des in den einzelnen Böden vorhandenen Nitratstickstoffes sehr verschieden sind, so veranschaulichen die Mittelzahlen doch recht gut die Schwankungen des Gehaltes. Beim lehmigen Sand sind die Mengen durchweg am größten.

Die schweren Böden zeigen bis zum Zeitpunkt der Bepflanzung mit Kartoffeln den gleichen Nitratgehalt wie die leichten. Es ist anzunehmen, daß dort auch weiterhin die gleichen Nitratmengen gebildet wurden. Sie sind aber von den Pflanzen aufgenommen worden; denn Ende Juni zeigen die in diesen Böden gefundenen Werte eine außerordentliche Abnahme des Nitratgehaltes, dessen tiefster Stand, wie bei den unbepflanzten leichten Böden, Anfang August liegt. Auch hier steigt dann der Nitratgehalt bis zum Abschluß des Versuches wieder. Er erreicht aber bei weitem nicht den Gehalt der Böden 1—3. Die Kartoffeln haben also fast allen während der Vegetationszeit zur Verfügung gestellten Nitratstickstoff verbraucht.

b) Böden mit Gründüngung: Bei den 1928 mit Gründüngungspflanzen bebauten Teilstücken nimmt der Nitratgehalt, wie die Tabelle 11 zeigt, während des Wachstums der Pflanzen ab. Er steigt aber sofort nach dem Untergraben stark an und erreicht bis Mitte Dezember das Dreifache der im Frühjahr vorhanden gewesenen Menge. Der außerordentlich strenge Winter 1928/29, in dem die Temperatur im Boden längere Zeit bis zu 1 m Tiefe bis auf den Nullpunkt sank, bedingte einen Stillstand der Nitratbildung und eine Abnahme des vorhandenen Nitratstickstoffes. Aber bereits Mitte Mai 1929 hat der Nitratgehalt auf den Teilstücken, die 1928 mit Wicken und Serradella als Gründüngungspflanzen bestellt waren, die drei- bis fünffache Menge vom Frühjahr 1928 erreicht. Die Teilstücke, auf denen Bohnen gebaut waren, zeigen eine etwas geringere Nitratbildung.

Auf den 1929 unbebaut gebliebenen leichten Böden steigt der Nitratgehalt bis Mitte Juli weiter an. In den darauf folgenden Wochen, bis Anfang August, sinkt er dann wieder

und steigt von diesem Zeitpunkt bis zum Abschluß des Versuches wieder an. Der Zeit nach sind also die Schwankungen im Nitratgehalt dieselben wie bei den Teilstücken ohne Grün-

Tabelle 11.

Gehalt an Nitratstickstoff in 1 kg Boden in mg.

a) Gründüngungspflanze: Wicken auf allen 5 Böden.

Tag	Nähere Angaben	1 Sand mg	2 Lehmiger Sand mg	3 Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4 Ton mg	5 Schiefer mg	Mittel 4 u. 5 mg
29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	3,0	3,9	2,8	3,2	3,9	4,5	4,2
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	1,0	0,5	1,8	1,1	4,2	3,0	3,6
8. Sept. 1928	Nach dem Untergraben der Gründüngung	5,0	8,0	4,0	5,3	10,8	11,8	11,3
13. Dez. 1928		14,0	16,5	10,5	13,7	10,0	15,0	12,5
19. März 1929		4,2	8,0	4,6	5,6	4,0	12,0	8,0
		Brache				Kartoffeln		
13. Mai 1929	Beim Pflanzen der Kartoffeln	8,0	20,0	7,2	11,7	7,2	12,0	9,6
18. Juni 1929	Während des Wachstums der Kartoffeln	13,8	23,1	8,6	15,2	7,6	15,5	11,6
5. Juli 1929		20,0	27,5	10,0	19,2	2,0	5,0	3,5
16. Juli 1929		15,0	25,0	7,5	15,8	0,9	1,5	1,2
2. Aug. 1929		10,0	12,0	2,5	8,2	Spuren	1,0	0,5
21. Aug. 1929		15,0	30,0	8,0	17,7	2,0	3,0	2,5
30. Aug. 1929	Bei der Ernte der Kartoffeln	15,0	30,0	10,0	18,3	3,0	3,9	3,5

b) Gründüngungspflanzen: Serradella bei Boden 1 und 2, Bohnen bei Boden 3, 4 und 5.

29. März 1928	Vor der Bepflanzung .	3,6	4,3	3,8	3,9	3,3	3,0	3,2
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	1,3	2,3	1,6	1,7	1,5	1,5	1,5
8. Sept. 1928	Nach dem Untergraben der Gründüngung	7,2	15,0	6,0	9,4	9,0	9,0	9,0
13. Dez. 1928		12,0	9,5	6,5	9,3	9,0	9,0	9,0
19. März 1929		6,0	7,2	3,0	5,4	2,0	3,0	2,5
		Brache				Kartoffeln		
13. Mai 1929	Beim Pflanzen der Kartoffeln	8,0	16,0	4,0	9,3	4,0	6,4	5,2
18. Juni 1929	Während des Wachstums der Kartoffeln	10,5	23,1	5,0	12,7	5,9	8,5	7,2
5. Juli 1929		22,5	26,5	5,7	14,2	2,5	2,0	2,3
16. Juli 1929		19,0	15,0	5,0	13,0	0,9	1,2	1,1
2. Aug. 1929		15,0	15,0	2,5	10,7	Spuren	0,4	0,2
21. Aug. 1929		18,0	30,0	6,0	18,0	1,3	1,0	1,2
30. Aug. 1929	Bei d. Ernte d. Kartoffeln	18,0	30,0	10,0	19,3	2,0	1,6	1,8

düngungspflanzen; der Menge nach zeigen sie sehr große Unterschiede: Auf den Teilstücken, auf denen Leguminosen untergegraben worden sind, ist der Nitratgehalt nach dem Untergraben fast stets doppelt so hoch wie auf den Rübenparzellen.

Durch den Anbau der Kartoffeln nimmt der Nitratgehalt auch auf den Teilstücken mit Gründüngung, der sich bis dahin auf den schweren bebauten Böden ebenso wie auf den leichten unbebauten verhalten hatte, von Mitte Juni an stark ab. Er erreicht Anfang August den gleichen tiefen Stand wie auf den Teilstücken, auf denen im Vorjahr Rüben gebaut worden waren, und bleibt bis zum Abschluß des Versuches mit diesen auf gleicher Höhe, obwohl wahrscheinlich durch die Gründüngung mehr Nitratstickstoff zur Verfügung stand. Darauf deutet, daß die Kartoffeln der Teilstücke, auf denen die Leguminosen gewachsen und untergegraben worden sind, wuchsfreudiger waren und auch, wie noch gezeigt wird, den größeren Ernteertrag brachten.

2. Verhalten des Ammoniakstickstoffes.

a) Böden ohne Gründüngung: Das Verhalten des Ammoniakstickstoffes im Boden ohne Gründüngung wird durch Tabelle 12 veranschaulicht:

Tabelle 12.

Gehalt an Ammoniakstickstoff in 1 kg Boden in mg.
Anbau von Rüben und Kartoffeln als Stickstoffzehrer.

Tag	Nähere Angaben	1. Sand mg	2. Lehmiger Sand mg	3. Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4. Ton mg	5. Schiefer mg	Mittel 4 + 5 mg
29. März 28	Vor der Bepflanzung	19,25	21,00	21,00	20,41	15,75	17,50	16,63
9. Aug. 28	Während des Wachstums der Rüben	10,50	10,50	12,25	11,08	14,00	14,00	14,00
8. Sept. 28		8,75	10,50	12,25	10,50	12,50	12,25	12,38
19. März 29	Nach der Rübenernte .	8,75	10,50	7,00	8,75	10,50	12,25	11,38
		Brache				Kartoffeln		
13. Mai 29	Beim Pflanzen der Kartoffeln	8,75	10,50	8,75	9,33	8,75	10,50	9,38
5. Juli 29	Während des Wachstums der Kartoffeln	7,00	7,00	7,00	7,00	8,75	40,25	—
2. Aug. 29		8,75	7,00	8,75	8,17	7,00	14,00	—
30. Aug. 29	Bei der Ernte der Kartoffeln	5,25	3,50	7,00	5,25	10,50	12,25	—

Bei den leichten Böden geht während des Wachstums der Rüben der Ammoniakgehalt bis fast auf die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Menge zurück. Von Oktober 1928 bis Anfang August 1929 treten nur geringe Veränderungen ein, während von diesem Zeitpunkt an bis zum Abschluß des Versuches eine weitere Abnahme erfolgt. Beim Ton- und Schieferboden ist die Abnahme des Ammoniakgehaltes während des Wachstums der Rüben geringer als bei den leichten Böden. Beim Tonboden tritt in den folgenden Monaten ein weiterer Rückgang ein, sodaß im Frühjahr und Sommer 1929 kein Unterschied im Ammoniakgehalt mehr zwischen ihm und den leichten Böden vorhanden ist. Gegen Ende des Versuches steigt der Ammoniakgehalt wieder langsam an.

Die im Schieferboden vorhandene Menge nimmt im Sommer 1929 außerordentlich stark zu. Diese Zunahme tritt in gleicher Weise auf den Teilstücken des Schieferbodens ein, die Gründüngung erhalten haben. Da die angegebenen Werte durch mehrfache Untersuchungen verschiedener Proben ermittelt wurden, sind etwaige Analysenfehler und Zufälligkeiten in der Probenahme ausgeschaltet worden. Eine Erklärung für dieses Ansteigen läßt sich zurzeit nicht geben.

b) Böden mit Gründüngung: Die Änderungen im Ammoniakgehalt der Böden unter dem Einfluß der Gründüngung zeigen die beiden nachfolgenden Tabellen 13 und 14.

Die Ergebnisse lassen zunächst erkennen, daß auf den mit Leguminosen bepflanzten Parzellen der Ammoniakstickstoff in geringerem Grade abgenommen hat, als auf den mit Rüben bepflanzten Teilstücken der Versuchsfläche. Durch das Untergraben der Gründüngung tritt im Herbst 1928 eine Erhöhung der vorhandenen Ammoniakmenge ein, die aber bereits im Mai 1929 wieder auf den ursprünglichen Gehalt zurückgegangen ist. Die für Sand und lehmigen Sand in der Probenahme vom 13. Dezember 1928 in den Wickenparzellen gefundenen Werte sind im Vergleich zu den darauf folgenden Befunden und den Serradellaparzellen außergewöhnlich hoch. Eine Erklärung läßt sich auch in diesem Falle nicht geben. Deshalb sind diese Werte eingeklammert worden und bei der Bildung des Mittels unberücksichtigt geblieben.

Tabelle 13.
Gehalt an Ammoniakstickstoff in 1 kg Boden in mg.
a) Gründüngungspflanzen: Wicken auf allen Böden.

Tag	Nähere Angaben	1. Sand mg	2. Lehmiger Sand mg	3. Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4. Ton mg	5. Schiefer mg	Mittel 4+5 mg
29. März 28	Vor der Aussaat . . .	26,25	21,00	21,00	22,75	17,50	17,50	17,50
9. Aug. 28	Während d. Wachstums	22,75	17,50	19,25	19,63	15,75	17,50	16,63
8. Sept. 28	Nach dem Untergraben der Wicken	17,50	17,50	12,25	15,75	17,50	17,50	17,50
13. Dez. 28		(42,00)	(40,25)	10,50	—	10,95	21,00	15,98
19. März 29		8,75	14,00	7,00	9,92	10,50	8,75	9,13
		Brache				Kartoffeln		
13. Mai 29	Beim Pflanzen der Kartoffeln	8,75	10,50	8,75	9,33	8,75	17,50	—
5. Juli 29	Während des Wachstums der Kartoffeln	7,00	10,50	10,50	9,33	8,75	43,75	—
2. Aug. 29		8,75	10,50	8,75	9,33	8,75	14,00	—
30. Aug. 29	Bei der Ernte der Kartoffeln	8,75	10,50	7,00	8,75	8,75	21,00	—

Tabelle 14.
b) Gründüngungspflanzen: Serradella auf Sand und lehmigem Sand Bohnen auf Lehm, Ton und Schiefer.

Tag	Nähere Angaben	1. Sand mg	2. Lehmiger Sand mg	3. Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4. Ton mg	5. Schiefer mg	Mittel 4+5 mg
29. März 28	Vor der Aussaat . .	19,25	22,75	17,50	19,83	17,50	19,25	18,38
9. Aug. 28	Während d. Wachstums	15,75	15,75	10,50	14,00	14,00	15,75	14,88
8. Sept. 28	Nach dem Untergraben der Leguminosen	17,50	17,50	10,50	15,17	19,25	21,00	20,13
13. Dez. 28		22,75	22,75	12,25	19,25	17,50	17,50	17,50
19. März 29		10,50	17,75	10,50	12,25	15,75	8,75	12,25
		Brache				Kartoffeln		
13. Mai 29	Beim Pflanzen der Kartoffeln	8,75	12,25	7,00	9,33	14,00	21,00	—
5. Juli 29	Während des Wachstums der Kartoffeln	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	42,00	—
2. Aug. 29		8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	19,25	—
30. Aug. 29	Bei d. Ernte d. Kartoffeln	7,00	10,50	7,00	8,17	7,00	21,00	—

Es besteht demnach im Ammoniakgehalt des Bodens nur während einer kurzen Zeit nach dem Untergraben der Leguminosen ein Unterschied zwischen den Parzellen mit und ohne Gründüngung.

3. Verhalten des Gesamtstickstoffs.

a) Böden ohne Gründüngung: Die Ergebnisse der Gesamtstickstoffbestimmungen in den Parzellen ohne Gründüngung sind in Tabelle 15 zusammengestellt.

Bei der Probenahme während der Vegetationszeit sind die Wurzelreste sorgfältig entfernt worden, um den darin enthaltenen Stickstoff nicht als Bodenstickstoff mitzubestimmen. Bei den Probenahmen nach dem Untergraben der Leguminosen wurde ganz besondere Sorgfalt auf eine gleichmäßige Entnahme der Proben verwendet. Von jeder Parzelle wurden 3—4 kg mit Hilfe eines Probestechers bis zu einer Tiefe von 20 cm entnommen, durch Liegenlassen an der Luft getrocknet und durch ein 2 mm-Sieb geschlagen. Die hierbei zurückbleibenden Pflanzenteile wurden für sich bei etwa 100° getrocknet, fein vermahlen und mit der ursprünglichen Substanz wieder aufs innigste vermischt.

Tabelle 15.

Gehalt an Gesamtstickstoff in 1 kg Boden in mg.

(Anbau von Rüben und Kartoffeln als Stickstoffzehrer.)

Tag	Nähere Angaben	1 Sand mg	2 Lehmiger Sand mg	3 Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4 Ton mg	5 Schiefer mg	Mittel 4 u. 5 mg
29. März 1928	Vor der Pflanzung . .	1068	1413	1550	1344	1460	1868	1664
9. Aug. 1928	Während des Wachstums der Reben	1075	1384	1470	1309	1448	1866	1657
8. Okt. 1928		1070	1356	1562	1329	1476	1852	1664
19. März 1929	Nach der Rübenernte .	1089	1318	1561	1323	1468	1876	1672
13. Mai 1929	Beim Pflanzen der Kartoffeln	Brache				Kartoffeln		
		1122	1368	1507	1332	1476	1852	1664
30. Aug. 1929	Bei der Ernte der Kartoffeln	1060	1376	1513	1316	1460	1848	1654

Aus den Mittelwerten der drei leichten Böden ergibt sich für diese eine Abnahme des Stickstoffgehaltes während des Wachstums der Rüben. Vom Oktober 1928 bis zum Abschluß des Versuches verändert sich die Menge des vorhandenen Gesamtstickstoffes nur wenig.

Bei den schweren Böden ist durch das Wachstum der Rüben nur eine geringe Stickstoffabnahme eingetreten. Auch hier ändert sich der Gehalt bis zum Abschluß des Versuches nicht wesentlich, obwohl im Sommer 1929 auf diesen Böden Kartoffeln gebaut wurden.

b) Böden mit Gründüngung: Durch das Wachstum der Leguminosen hat der Gesamtstickstoff aller Böden mit einer Ausnahme (Wickenparzelle des Tonbodens), die innerhalb der Fehlergrenze liegt, auf allen Teilstücken eine Abnahme erfahren. Die in früheren Versuchen von J. König und J. Hasenbäumer (36) festgestellte Vermehrung des Bodenstickstoffes durch das Wachstum der Leguminosen konnte durch die neuen Versuche nicht bestätigt werden. In der Tabelle 16 ist außerdem angegeben, wieviel Milligramm Stickstoff den Böden auf 1 kg durch das Unterbringen der Gründüngung zugeführt worden sind. Wie die Werte der darauffolgenden Probenahmen zeigen, liegt der gefundene Stickstoffgehalt aller Böden höher als der errechnete. Diese Differenz ist durch den Stickstoffgehalt der im Boden verbliebenen Stoppeln und Wurzeln zu erklären.

Bis zum Abschluß des Versuches erfährt die in den leichten Böden vorhandene Stickstoffmenge keine nennenswerte Abnahme. Der Stickstoffgehalt der schweren Böden hat, wie die Probenahme im März 1929 zeigt, im Winter nur geringe Verluste erlitten. Von diesem Zeitpunkt bis zum Mai tritt teilweise eine große Abnahme ein. Bis zum Abschluß des Versuches, wohl infolge des Anbaues der Kartoffeln, ist fast aller durch die Gründüngung zugeführter Stickstoff dem Boden wieder entzogen worden.

Tabelle 16.

Gehalt an Gesamtstickstoff in 1 kg Boden in mg.

a) Gründüngungspflanzen: Wicken auf allen Böden.

Datum	Nähere Angaben	1 Sand mg	2 Lehmiger Sand mg	3 Lehm mg	Mittel 1—3 mg	4 Ton mg	5 Schiefer mg	Mittel 4 u. 5 mg
29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	1073	1420	1532	1342	1465	1911	1688
9. Aug. 1928	Während des Wachstums der Wicken	1052	1361	1495	1303	1476	1901	1689
	Dem Boden an N durch Gründüngung zugeführt	113	115	110	113	117	122	119
	Es müßten nach dem Untergraben vorhanden sein	1165	1476	1605	1416	1593	2023	1808
13. Dez. 1928	Nach dem Untergraben der Gründüngung	1262	1548	1628	1479	1641	2008	1825
19. März 1929		1243	1552	1626	1474	1647	1993	1820
13. Mai 1929	Beim Pflanzen der Kartoffeln	Brache				Kartoffeln		
		1232	1548	1638	1473	1598	1958	1778
30. Aug. 1929	Bei der Ernte der Kartoffeln	1248	1564	1612	1475	1516	1908	1712

b) Gründüngungspflanzen: Serradella auf Böden 1 und 2, Bohnen auf Böden 3—5.

29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	1036	1413	1524	1328	1470	1896	1684
9. Aug. 1928	Während des Wachstums der Serradella . . .	1015	1399	1509	1308	1465	1858	1662
	Dem Boden an N durch Gründüngung zugeführt	173	187	39	133	67	76	72
	Es müßten nach dem Untergraben vorhanden sein	1188	1586	1548	1441	1532	1934	1734
13. Dez. 1928	Nach dem Untergraben der Gründüngung	1210	1597	1570	1459	1584	1963	1774
19. März 1929		1223	1575	1580	1459	1582	1944	1763
13. Mai 1929	Beim Pflanzen der Kartoffeln	Brache				Kartoffeln		
		1208	1577	1561	1449	1551	1925	1738
30. Aug. 1929	Bei der Ernte der Kartoffeln	1190	1576	1563	1443	1516	1890	1703

B. Feldversuche.

Weitere Versuche über den Einfluß von Gründüngung auf den Stickstoffhaushalt des Bodens wurden als Feldversuche auf dem Versuchsgute Sprakel auf 10 Parzellen von je 5 qm Größe ausgeführt. Der Boden ist ein schwach lehmiger Sandboden.

Um die Änderungen des Stickstoffhaushaltes des Bodens ohne den Einfluß der Gründüngung verfolgen zu können, blieben 2 Parzellen im Sommer 1928 brach liegen, während 2 andere mit Rüben bepflanzt wurden. Als Gründüngungspflanzen wurden Wicken, Serradella und Lupinen auf je 2 Parzellen angebaut. Die Pflanzen wurden am 20. September geerntet und nach Feststellung des Ertrages und Entnahme je einer Probe zur Stickstoffbestimmung gehäckselt und untergegraben. Die durch das Untergraben der Gründüngung dem Boden zugeführten Stickstoffmengen sind in der Tabelle 19 bei den Untersuchungen auf Gesamtstickstoff in Milligramm auf 1 kg Boden angegeben.

Die Ernte der Rüben erfolgte am 22. Oktober 1928.

Um die Einwirkung der Gründüngung auf die Nachfrucht verfolgen zu können, wurde die eine Reihe der Parallelparzellen am 3. Mai 1929 mit Kartoffeln (Industrie) bepflanzt, während die andere im Jahre 1929 unbepflanzt blieb. Die Kartoffeln wurden am 20. September geerntet.

In der Zeit vom 3. April 1928 bis 20. September 1929 wurden zahlreiche Bodenproben entnommen und auf Nitrat-, Ammoniak- und Gesamtstickstoff untersucht.

1. Verhalten des Nitratstickstoffs.

Die Ergebnisse der Nitratbestimmungen sind in der Tabelle 17 angegeben.

Wenn auch die Mengen des in den einzelnen Parzellen vorhandenen Nitratstickstoffes teilweise recht verschieden sind, so veranschaulichen die Mittelzahlen der Brache- und Rübenparzellen einerseits und der mit den Gründüngungspflanzen bebauten Parzellen andererseits recht gut die Schwankungen des Nitratgehaltes.

Die Werte der Parzellen 1, 2, 6 und 7 der Tabelle geben demnach an, wieviel Nitratstickstoff der gebrachte und der mit

Tabelle 17.

Gehalt an Nitratstickstoff in 1 kg Boden in mg.

a) Ohne Gründüngung.

Datum	Nähere Angaben	Parzelle 1 Brache mg	Parzelle 2 Rüben mg	Mittel 1 und 2 mg	Nähere Angaben	Parzelle 6 Brache mg	Parzelle 7 Rüben mg	Mittel 6 und 7 mg
3. April 1928	Vor der Bepflanzung .	5,0	6,4	5,7	Vor der Bepflanzung .	2,0	3,4	2,7
20. Sept. 1928	Während des Wachstums	2,0	2,5	2,3	Während des Wachstums	1,6	3,0	2,3
22. Okt. 1928	der Rüben auf Parzelle 2	4,0	2,5	3,3	der Rüben auf Parzelle 7	2,2	4,0	3,1
7. Dez. 1928	Nach der Ernte	5,2	3,5	4,3	Nach der Ernte	4,0	4,4	4,2
29. März 1929		2,0	1,8	1,9		2,0	1,2	1,6
		Kartoffeln				Brache		
3. Mai 1929	Beim Pflanzen	3,0	2,5	2,8	—	3,5	2,0	2,3
14. Juni 1929	Während des Wachstums	3,0	4,0	3,5	—	3,6	4,0	3,8
25. Juni 1929		2,0	1,6	1,8	—	3,0	4,0	3,5
17. Juli 1929		Spuren	Spuren	Spuren	—	1,0	1,0	1,0
5. Aug. 1929		3,3	2,0	2,6	—	3,0	2,0	2,5
20. Sept. 1929	Kartoffelernte	3,5	3,2	3,3	—	1,0	1,2	1,1

b) Mit Gründüngung.

Datum	Nähere Angaben	Parzelle 3 Wicken mg	4 Serradella mg	5 Lupinen mg	Mittel 3—5 mg	Nähere Angaben	Parzelle 8 Wicken mg	9 Serradella mg	10 Lupinen mg	11 Mittel 8—10 mg
3. April 1928	Vor der Bepflanzung .	6,0	4,0	3,0	4,3	Vor der Bepflanzung .	6,0	6,0	3,0	5,0
20. Sept. 1928	Während des Wachstums der Leguminosen . . .	3,0	2,0	1,0	2,0	Während des Wachstums der Leguminosen . .	4,8	4,0	1,0	3,3
22. Okt. 1928	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	4,0	6,5	6,0	5,5	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	5,2	8,0	6,0	6,4
7. Dez. 1928		10,0	13,0	13,0	12,0		12,0	9,0	7,3	9,4
29. März 1929		3,7	5,6	2,4	3,9		5,6	6,0	5,2	5,6
		Kartoffeln					Brache			
3. Mai 1929	Beim Pflanzen	3,5	4,5	3,5	3,8	—	3,5	3,0	3,0	3,2
14. Juni 1929	Während des Wachstums	10,0	3,9	6,0	6,6	—	12,0	12,0	15,0	13,0
25. Juni 1929		6,0	3,9	2,8	4,2	—	6,4	8,0	8,0	7,5
17. Juli 1929		Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	—	4,0	4,5	4,5	4,3
5. Aug. 1929		3,0	3,0	3,5	3,2	—	5,2	5,6	6,8	5,9
20. Sept. 1929	Kartoffelernte	5,0	6,0	4,0	5,0	—	5,2	7,5	7,5	6,7

Rüben bestellte Boden ohne Gründüngung zu den verschiedenen Zeiten enthält.

Der Nitratgehalt dieser Teilstücke nimmt während der Vegetationszeit ab. Von Oktober bis Mitte Dezember steigt er wieder an. Während des Winters geht die vorhandene Menge auf die Hälfte zurück und nimmt dann wieder bis Mitte Juli zu.

Der Nitratstickstoff, der bisher auf den Parallelparzellen ganz gleichmäßige Veränderungen erfahren hatte, zeigt von diesem Zeitpunkt an einen Unterschied in der vorhandenen Menge. Bei der nun auf allen Parzellen eintretenden Abnahme des Nitratgehaltes sinkt dieser auf den Parzellen 1 und 2, die im Sommer 1929 mit Kartoffeln bepflanzt waren, bis auf geringe Spuren. Auf den unbepflanzten Teilstücken tritt eine langsamere und nicht so weitgehende Abnahme ein, deren tiefster Stand ebenfalls Mitte Juli liegt. Bis Anfang August steigt der Nitratgehalt auf allen Parzellen wieder gleichmäßig an. Er nimmt auf den bepflanzten Teilstücken bis zum Abschluß des Versuches zu, während er auf den unbebauten wieder sinkt.

Bei den Gründüngungsparzellen 3 bis 5 und 8 bis 10 nimmt der Nitratgehalt während des Wachstums der Leguminosen ab. Nach ihrer Untergrabung steigt er sofort an und erreicht bis Mitte Dezember das Doppelte bis Dreifache seines ursprünglichen Gehaltes. Während des Winters tritt ein Stillstand in der Nitratbildung und eine Abnahme des vorhandenen Nitratstickstoffes ein, so daß Ende März 1929 fast die gleiche Nitratmenge im Boden vorhanden ist wie im Jahre vorher. Diese geht bis zum Mai noch weiter zurück. Zu diesem Zeitpunkt ist auf den Parallelparzellen der drei Leguminosen der gleiche Nitratgehalt zu finden. Es ist anzunehmen, daß auch weiterhin in diesen 6 Parzellen gleichgroße Nitratmengen gebildet wurden. In der mit Kartoffeln bepflanzten Reihe sind diese aber teilweise von den Pflanzen aufgenommen worden. Denn während die Nitratmenge in den Parzellen 8—10 von Anfang Mai bis Mitte Juni auf das Dreifache steigt, nimmt sie auf den bepflanzten Parzellen nur um das Doppelte zu. Bei der dann auf allen Teilstücken des Versuches folgenden Abnahme des Nitratgehaltes sinkt dieser auf den gebrachten Leguminosenparzellen auf ein Drittel der Menge von Mitte Juni herab, während auf den anderen nur noch Spuren vorhanden sind. Daß auch auf den Teilstücken 3—5 größere Nitratmengen als auf 1 und 2 zur Verfügung standen, wird dadurch

wahrscheinlich, daß die Kartoffeln der Gründüngungsparzellen wuchsfreudiger waren, und auch, wie noch gezeigt wird, größere Ernteerträge brachten.

Auf allen Parzellen ist der Nitratgehalt Mitte Juni 1929 am höchsten. Dieses Ergebnis stimmt überein mit Angaben von E. J. Russel (37).

2. Verhalten des Ammoniakstickstoffes.

Das Verhalten des Ammoniakstickstoffes im Boden ohne und unter dem Einfluß von Gründüngung veranschaulicht Tabelle 18.

Auf den Parzellen 1 und 2 sowie 6 und 7 zeigt sich während der Vegetationszeit eine Erhöhung des Ammoniakstickstoffes im Boden, die aber bereits im Dezember auf den ursprünglichen Gehalt zurückgegangen ist. Bis zum Frühjahr ist dann eine weitere Abnahme eingetreten. Von diesem Zeitpunkt bis zum Abschluß des Versuches bleibt der Gehalt auf den Parallelparzellen ohne Gründüngung fast unverändert. Auch durch das Bepflanzen mit Kartoffeln ist keine wesentliche Änderung des Gehaltes an Ammoniakstickstoff eingetreten.

Auf den mit Gründüngungspflanzen bestellten Parzellen hat der Ammoniakstickstoff unter dem Einflusse des Wachstums eine geringe Abnahme erfahren. Durch das Untergraben der Gründüngung tritt im Herbst 1928 eine Erhöhung der vorhandenen Ammoniakmenge ein, die auf den Serradella- und Lupinenparzellen bereits im Dezember, auf den Wickenparzellen bis zum Frühjahr auf den ursprünglichen Gehalt zurückgegangen ist. Während des Sommers 1929 ist die in den Gründüngungsparzellen vorhandene Ammoniakmenge nur wenig größer als in den Parzellen ohne Gründüngung und sinkt bis zum Abschluß des Versuches auf den gleichen niedrigen Stand. Auch hier hat das Bepflanzen mit Kartoffeln im Sommer 1929 keinen nennenswerten Einfluß auf den Gehalt des Bodens an Ammoniakstickstoff ausgeübt. Es besteht demnach nur während einer kurzen Zeit nach dem Untergraben der Leguminosen ein wesentlicher Unterschied im Ammoniakgehalt zwischen den Parzellen mit und denen ohne Gründüngung.

Tabelle 18.
Gehalt an Ammoniakstickstoff in 1 kg Boden in mg.

a) Ohne Gründüngung.

Datum	Nähere Angaben	Parzelle 1 Brache mg	Parzelle 2 Rüben mg	Mittel 1 und 2 mg	Nähere Angaben	Parzelle 6 Brache mg	Parzelle 7 Rüben mg	Mittel 6 und 7 mg
3. April 1928	Vor der Bepflanzung .	10,5	21,0	15,8	Vor der Bepflanzung .	14.0	14,0	14,0
20. Sept. 1928	Während des Wachs-	14,0	25.0	19,5	Während des Wachs-	15,8	20,3	18,0
22. Okt. 1928	tums d. Rüben auf Parz. 2	19,3	31,5	25,4	tums d Rüben auf Parz. 7	24,5	35,0	29,8
7. Dez. 1928	Nach der Rübenernte	14,0	21,0	17,5	Nach der Rübenernte	8,8	10,5	9.6
29. März 1929		12,3	15,8	14,0		8,8	8,8	8,8
		Kartoffeln				Brache		
3. Mai 1929	Kartoffel gepflanzt . .	8,8	8,8	8,8	—	8,8	8,8	8,8
5. Aug. 1929	Während des Wachstums	8,8	8,8	8,8	—	10,5	8,8	9,6
20. Sept. 1929	Bei der Ernte	7,0	8,8	7.9	—	8.8	8,8	8,8

b) Mit Gründüngung.

Datum	Nähere Angaben	Parzelle 3 Wicken mg	Parzelle 4 Serradella mg	Parzelle 5 Lupinen mg	Mittel 3—5 mg	Nähere Angaben	Parzelle 8 Wicken mg	Parzelle 9 Serradella mg	Parzelle 10 Lupinen mg	Mittel 8—10 mg
3. April 1928	Vor der Bepflanzung .	21,9	22,8	15,8	20,2	Vor der Bepflanzung .	17,5	27,1	17,5	20,7
20. Sept. 1928	Während des Wachstums der Gründüngung	14,0	15,8	14,9	14,9	Während des Wachstums der Gründüngung	14,0	18,4	14,0	15,5
22. Okt. 1928	Nach der Unterbringung der Gründüngung	34,1	36,8	43,8	38,2	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	28,0	40,3	43.8	37,4
7. Dez. 1928		33,3	21,0	15,8	23,4		28,0	17,5	15.0	20,2
29. März 1929		22,8	15,8	15,8	18,1		14,0	15,8	12,3	14,0
		Kartoffeln					Brache			
3. Mai 1929	Beim Pflanzen	15,8	12,3	10,5	12,9	—	15,8	12,3	12,3	13,5
5. Aug. 1929	Während des Wachstums	8,8	12,3	8,5	9,9	—	10,5	10,5	10.5	10,5
20. Sept. 1929	Bei der Ernte	8,8	7,0	7,8	8,2	—	8,8	8,8	8,8	8,8

3. Verhalten des Gesamtstickstoffes.

Das Verhalten des Gesamtstickstoffes im Boden ohne und unter dem Einfluß von Gründüngung ist in Tabelle 19 wiedergegeben.

Während der Vegetationszeit ist auf den Bracheparzellen eine Stickstoffabnahme eingetreten. Die in den Probenahmen vom Dezember 1928 und März 1929 gefundenen Stickstoffmengen sind wieder größer als im April 1928. Unter dem Einfluß des Wachstums der Rüben ist auf der einen Parzelle eine Zunahme, auf der anderen eine Abnahme eingetreten. Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Schwankungen bei der Probenahme und der Stickstoffbestimmung kann die Menge des in den Parzellen ohne Gründüngung vorhandenen Gesamtstickstoffes für die Zeit vom April 1928 bis Anfang Mai 1929 als unverändert angesehen werden. Von diesem Zeitpunkt an nimmt der Stickstoffgehalt der Parzellen 1 und 2 im Durchschnitt mehr ab als der der unbepflanzt gebliebenen Parzellen 6 und 7.

Während des Wachstums der Gründüngungspflanzen bleibt der Stickstoffgehalt des Bodens fast unverändert. Es ist dann in der Tabelle angegeben, wieviel Milligramm Stickstoff den Böden auf 1 kg durch das Unterbringen der Gründüngungspflanzen zugeführt worden ist. Die Differenz zwischen der daraus berechneten und der bei der nächsten Probenahme gefundenen Stickstoffmenge ist aus dem Stickstoffgehalt der im Boden verbliebenen Stoppeln und Wurzeln der Gründüngungspflanzen zu erklären.

Bis zum Abschluß des Versuches erfährt der Stickstoffgehalt der im Sommer 1929 unbepflanzt gebliebenen Parzellen 8—10 nur geringe Verluste.

Die Menge des in den Parzellen 3—5 vorhandenen Gesamtstickstoffes bleibt nach dem Untergraben der Gründüngung bis zum Mai 1929 unverändert. Infolge des Anbaues der Kartoffeln auf diesen Teilstücken nimmt der Gehalt an Gesamtstickstoff von diesem Zeitpunkt bis zum Abschluß des Versuches um 93 mg ab. Das ist eine Mehrabnahme von ungefähr 60 mg gegenüber den Parzellen ohne Gründüngung. Demnach ist dem Boden infolge des Anbaues der Kartoffeln die Hälfte des durch Gründüngung zugeführten Gesamtstickstoffes wieder entzogen worden.

Tabelle 19.

Gehalt an Gesamtstickstoff in 1 kg Boden in mg.

a) Ohne Gründüngung.

Datum	Nähere Angaben	Parzelle 1 Brache mg	Parzelle 2 Rüben mg	Mittel 1 und 2 mg	Nähere Angaben	Parzelle 6 Brache mg	Parzelle 7 Rüben mg	Mittel 6 und 7 mg
3. April 1928	Vor der Bepflanzung	1332	1303	1318	Vor der Bepflanzung	1032	1018	1025
20. Sept. 1928	Während des Wachstums der Rüben auf Parzelle 2	1278	1326	1302	Während des Wachstums der Rüben auf Parzelle 7	977	1013	995
7. Dez. 1928		1364	1273	1318		1011	1019	1015
29. März 1929		1321	1364	1343		1041	1012	1026
		Kartoffeln				Brache		
3. Mai 1929	Beim Pflanzen	1348	1332	1340	—	1066	1017	1042
20. Sept. 1929	Bei der Ernte	1280	1290	1285	—	1040	995	1018

b) Mit Gründüngung.

Datum	Nähere Angaben	Parzelle 3 Wicken mg	Parzelle 4 Serradella mg	Parzelle 5 Lupinen mg	Mittel 3—5 mg	Nähere Angaben	Parzelle 8 Wicken mg	Parzelle 9 Serradella mg	Parzelle 10 Lupinen mg	Mittel 8—10 mg
3. April 1928	Vor der Aussaat	1080	1056	1023	1053	Vor der Bepflanzung	1063	1123	1207	1131
20. Sept. 1928	Während des Wachstums der Leguminosen . .	1064	1039	1001	1035	Während des Wachstums der Leguminosen	1027	1120	1195	1114
	Dem Boden an Stickstoff durch die Gründüngung zugeführt	132	137	118	129	Dem Boden an Stickstoff d. Gründüng. zugeführt	132	147	102	127
	Es müßten nach dem Untergraben der Gründüngung vorhanden sein . . .	1196	1176	1119	1164	Es müßt. n. d. Untergrab. d. Gründüng. vorh. sein	1159	1267	1297	1241
7. Dez. 1928	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	1250	1188	1174	1204	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	1260	1269	1332	1287
29. März 1929		1233	1197	1185	1205		1220	1269	1333	1273
		Kartoffeln					Brache			
3. Mai 1929	Beim Pflanzen	1254	1193	1197	1215	—	1204	1284	1301	1263
20. Sept. 1929	Bei der Ernte	1160	1146	1061	1122	—	1197	1236	1305	1240

III. Der Einfluß von Gründüngung auf den Nährstoffgehalt des Bodens.

Zu den Untersuchungen über den Einfluß der Gründüngung auf den Nährstoffhaushalt des Bodens, mit Ausnahme der schon eingehend erörterten Wirkung auf den Stickstoffhaushalt, wurden die Probenahmen der Rüben- und Wickenparzellen des Sand-, lehmigen Sand- und Lehmbodens der Versuche in den gemauerten Kästen im Garten der Versuchsstation herangezogen.

1. Änderung des Gehaltes an leichtlöslichem Kali.

Das Verhalten des aufnehmbaren Kalis ist nach dem Keimpflanzenverfahren von Neubauer untersucht worden.

Tabelle 20.
Gehalt an wurzellöslichem Kali in 1 kg Boden in mg.

Datum	Nähere Angaben	Sand mg	Lehmiger Sand mg	Lehm mg	Mittel mg
	I. Böden mit Rüben bepflanzt.				
29. März 1928	Vor der Bepflanzung . .	150	151	274	192
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	121	107	263	164
19. März 1929	Nach der Ernte	114	125	267	169
13. Mai 1929		100	112	242	151
30. Aug. 1929		137	135	246	173
	II. Böden mit Wicken bestellt.				
29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	158	153	277	196
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	184	189	279	217
13. Dez. 1928	Nach dem Untergraben der Wicken	222	252	343	272
19. März 1929		173	227	335	245
13. Mai 1929		171	196	325	231
30. Aug. 1929		196	246	314	252

Auf den Rübenparzellen nimmt der Gehalt an leichtlöslichem Kali während der Wachstumszeit durch Auswaschung oder Bindung ab. Vom August 1928 bis März 1929 bleibt die vorhandene Menge unverändert und erfährt während des

Sommers nur eine geringe Abnahme, die bis zum Abschluß des Versuches wieder ergänzt worden ist.

Auf den Wickenparzellen steigt der Gehalt an aufnehmbarem Kali während der Wachstumszeit an. Nach dem Unterbringen der Wicken hat er um 55 mg in 1 kg Boden zugenommen. Die Zunahme während der Vegetationszeit und durch das Unterbringen der Ernte beträgt im Mittel der 3 Böden 76 mg. Obwohl auf den Wickenparzellen während des Winters eine Abnahme eingetreten ist, enthalten diese im März 1929 im Mittel noch 76 mg aufnehmbares Kali mehr als die Rübenparzellen. Die Differenz bleibt auch bei den in den nächsten Monaten eintretenden Veränderungen im Kaligehalt aller Böden bestehen, so daß die Wickenparzellen in allen Probenahmen des Versuchsjahres 1929 denselben Mehrgehalt an leichtlöslichem Kali wie kurz nach dem Unterbringen der Gründüngung aufweisen.

2. Änderungen des Phosphorsäuregehaltes.

Die Bestimmungen des Gehaltes an aufnehmbarer Phosphorsäure erfolgten nach dem Zitronensäureverfahren von König und Hasenbäumer. Die Ergebnisse waren folgende:

Tabelle 21.
Gehalt an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure in 1 kg Boden in mg.

Datum	Nähere Angaben	Sand mg	Lehmiger Sand mg	Lehm mg	Mittel mg
	I. Böden mit Rüben bepflanzt.				
29. März 1928	Vor dem Pflanzen . . .	480	268	354	367
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	488	284	340	371
19. März 1929	Nach der Ernte	468	335	380	394
13. Mai 1929	Nach der Ernte	488	346	384	406
30. Aug. 1929	Nach der Ernte	496	320	372	396
	II. Böden mit Wicken bestellt.				
29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	488	280	350	373
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	484	296	338	373
13. Dez. 1928	Nach dem Untergraben der Wicken	516	340	358	405
19. März 1929	Nach dem Untergraben der Wicken	500	330	382	404
13. Mai 1929	Nach dem Untergraben der Wicken	520	352	384	419
30. Aug. 1929	Nach dem Untergraben der Wicken	512	348	380	413

Die verschiedentlich gemachte Feststellung (38), daß weder Auswaschung noch Pflanzenwachstum den Gehalt an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure im Boden merklich beeinflussen, wird durch die Angaben der Tabelle 21 bestätigt. Während der Versuchsdauer ist der Phosphorsäuregehalt des Sand- und Lehmbodens kaum verändert worden. Beim lehmigen Sandboden findet sich gleichmäßig in der Rüben- und der Wickenparzelle in der dritten Probenahme ein Ansteigen um etwa 50 mg. Da der Phosphorsäuregehalt dieses Bodens von diesem Zeitpunkt bis zum Abschluß des Versuches nicht mehr wesentlich verändert wird, scheint es sich bei den abweichenden Ergebnissen der ersten 2 Probenahmen um einen Fehler der Probenahme zu handeln, da Analysenfehler durch mehrfache Ausführung der Untersuchung ausgeschaltet wurden. Eine merkliche Beeinflussung des Phosphorsäuregehaltes durch die Gründüngung läßt sich bei keinem Boden feststellen.

3. Änderungen des Kohlenstoffgehaltes.

Der Kohlenstoffgehalt der Böden wurde nach der Methode von M. J. L. Simon (39) in der von R. Balks (40) angegebenen Weise bestimmt, wobei Silberchromat als Oxydationsmittel verwendet wird. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 22 angegeben.

In den Rübenparzellen hat der Kohlenstoffgehalt während der ganzen Versuchsdauer nur geringe Veränderungen erfahren, so daß im Mittel der drei Böden bei Beginn und Abschluß des Versuches die gleiche Menge vorhanden ist.

In den Wickenparzellen ist der Kohlenstoffgehalt während der Vegetationszeit etwas gesunken. Er steigt nach dem Unterbringen der Wicken um 100 mg für 1 kg Boden. Während des Winters bleibt er fast unverändert. In der kurzen Zeit von März bis Mai tritt eine weitgehende Zersetzung des Kohlenstoffes ein, so daß die durch Gründüngung zugeführten Mengen im Mittel der drei Böden auf die Hälfte zurückgegangen sind. Von Mai bis Ende August nimmt der Kohlenstoffgehalt nur noch wenig ab. Scheinbar ist aller leichtzersetzliche Kohlenstoff verschwunden, so daß die Hälfte der durch die Wicken zugeführten Kohlenstoffmengen einer langsamen Zersetzung unterliegt.

Tabelle 22.

Gehalt an Kohlenstoff in 1 kg Boden in mg.

Datum	Nähere Angaben	Sand mg	Lehmiger Sand mg	Lehm mg	Mittel mg
	I. Böden mit Rüben bepflanzt.				
29. März 1928	Vor der Pflanzung . . .	1430	1816	1661	1636
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	1416	1808	1642	1622
8. Okt. 1928	Während des Wachstums	1465	1803	1688	1652
19. März 1929	Nach der Ernte	1456	1803	1664	1641
13. Mai 1929	Nach der Ernte	1483	1822	1669	1658
30. Aug. 1929	Nach der Ernte	1429	1814	1666	1636
	II. Böden mit Wicken bestellt.				
29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	1470	1844	1675	1663
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	1467	1822	1655	1648
13. Dez. 1928	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	1533	1989	1795	1772
19. März 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	1555	1983	1762	1766
13. Mai 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	1536	1909	1737	1727
30. Aug. 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	1527	1904	1732	1721

4. Änderung der Leitfähigkeit.

Die Leitfähigkeit des Bodens wurde nach dem Verfahren von J. König (41) bestimmt. Ihre Änderungen sind durch Tabelle 23 veranschaulicht, wobei die angegebenen Werte mit 10^{-5} zu multiplizieren sind.

Die für Sand- und lehmigen Sandboden gefundenen Werte zeigen untereinander eine gute Übereinstimmung in den Leitfähigkeitsänderungen. Der Lehmboden erfährt nur bei 2 Probenahmen eine von den beiden anderen Böden verschiedene Änderung, so daß die Mittelzahlen aus allen 3 Böden doch ein recht gutes Bild der Leitfähigkeitsänderung für alle 3 Böden geben.

In den Rübenparzellen ist während der Wachstumszeit fast keine Änderung der Leitfähigkeit eingetreten. Während des Winters geht sie etwas zurück. Von März 1929 bis Ende August, beim Abschluß des Versuches, nimmt sie stark zu.

In den Wickenparzellen ist während des Wachstums eine geringe Zunahme der Leitfähigkeit erfolgt. Nach dem Unterbringen der Ernte steigt sie außerordentlich an.

Tabelle 23.

Leitfähigkeit der Böden ($\lambda \times 10^{-5}$).

Datum	Nähere Angaben	Sand	Lehmig. Sand	Lehm	Mittel
	I. Böden mit Rüben bepflanzt.				
29. März 1928	Vor der Pflanzung . . .	15,9	18,5	32,0	22,1
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	15,1	20,0	32,7	22,6
19. März 1929	Nach der Ernte	11,7	15,3	34,2	20,4
13. Mai 1929	Nach der Ernte	15,8	23,4	41,3	26,8
30. Aug. 1929	Nach der Ernte	21,5	33,8	38,9	31,4
	II. Böden mit Wicken bestellt.				
29. März 1928	Vor der Aussaat . . .	14,1	18,2	32,7	21,7
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	15,4	19,1	34,9	23,1
13. Dez. 1928	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	22,4	28,1	42,3	30,9
19. März 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	17,2	21,5	33,8	24,2
13. Mai 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	25,4	42,3	40,8	36,2
30. Aug. 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	30,2	52,8	45,1	42,7

Tabelle 24.

Beziehung zwischen Leitfähigkeit und Nitratgehalt der Böden.

Datum	Nähere Angaben	Nitrat in 1 kg Boden mg	Leitfähigkeit $\lambda = 10^{-5}$
	1. Böden mit Rüben bepflanzt.		
29. März 1928	Vor der Pflanzung . . .	3,5	22,1
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	1,9	22,6
19. März 1929	Nach der Ernte	2,7	20,4
13. Mai 1929	Nach der Ernte	4,3	26,8
30. Aug. 1929	Nach der Ernte	10,6	31,4
	2. Böden mit Gründüngung (Wicken) bestellt.		
29. März 1928	Vor der Aussaat	3,2	21,7
9. Aug. 1928	Während des Wachstums	1,1	23,1
13. Dez. 1928	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	13,7	30,9
19. März 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	5,6	24,2
13. Mai 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	11.7	36,2
30. Aug. 1929	Nach dem Unterbringen der Gründüngung	18,3	42,7

Unter dem Einfluß des Winters nimmt die Leitfähigkeit nicht unbeträchtlich ab. Aber sofort nach dem Ansteigen der Temperatur im Frühjahr 1929 nimmt sie wieder stark zu. Mit der fortschreitenden Zersetzung der Wicken und der Erwärmung des Bodens steigt auch seine Leitfähigkeit weiter außerordentlich an. Sie ist während der ganzen Versuchsdauer auf den Wickenparzellen bedeutend höher als auf den Rübenparzellen.

Ähnlichen Veränderungen wie die Leitfähigkeit war der Nitratgehalt derselben Böden unterworfen.

Beim Vergleichen der in der Tabelle 24 zusammengestellten Mittelwerte ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen Nitratgehalt und Leitfähigkeit des Bodens.

IV. Einflüsse der Gründüngung auf den Ertrag.

Wenn auch auf Grund der Ergebnisse eines Jahres ein abschließendes Urteil nicht gefällt werden kann, so veranschaulichen die folgenden Tabellen 25 und 26 doch recht gut die Wirkung der Gründüngung auf die Nachfrucht.

1. Versuche in gemauerten Kästen.

Zur Beurteilung der Wirkung von Gründüngung auf die Nachfrucht sind die Teilstücke des Kalk-, Ton- und Schieferbodens der Versuche in großen gemauerten Kästen im Garten der Versuchsstation im Jahre 1929 mit Kartoffeln bepflanzt worden. In der Tabelle 25 sind die Ernteergebnisse dieser 3 Böden zusammengestellt.

Tabelle 25.
Ernte an Kartoffeln in dz/ha.

Boden	Vorfrucht Rüben	Vorfrucht Wicken		Vorfrucht Bohnen	
	Ernte dz/ha	Ernte dz/ha	Stickstoff 1 kg Boden zugeführt mg	Ernte dz/ha	Stickstoff 1 kg Boden zugeführt mg
Kalkboden . . .	218	256	112	234	70
Tonboden . . .	244	248	117	220	67
Schieferboden . .	218	288	122	238	76

Beim Kalkboden und beim Schieferboden zeigt sich auf den Gründüngungsparzellen eine mehr oder weniger große Ertragssteigerung gegenüber den Rübenparzellen. Die Zusammenstellung mit den auf den einzelnen Leguminosenteilstücken untergebrachten Stickstoffmengen läßt die Abhängigkeit des Ernteertrages von dem zugeführten Stickstoff deutlich erkennen.

Beim Tonboden haben die untergebrachten Wicken nur eine geringe Steigerung des Ertrages erbracht. Auf der Bohnenparzelle ist die Erntemenge geringer als auf der Rübenparzelle. Bei diesem Boden zersetzten sich infolge des hohen Tongehaltes die Gründüngungspflanzen so langsam, daß eine Wirkung auf die Nachfrucht noch nicht in Erscheinung tritt. Außerdem ist eine Parzellengröße von 1,25 qm für Kartoffelversuche sehr klein, so daß ein Vergleich mit anderen Teilstücken nicht mehr angestellt werden kann, wenn eine Pflanze ausfällt.

2. Feldversuche.

Bedeutend besser lassen die Feldversuche auf dem Versuchsgut Sprakel die Wirkung der Gründüngung auf die Nachfrucht erkennen.

Tabelle 26.

Ernte an Kartoffeln dz/ha

	Vorfrüchte				
	Brache	Rüben	Wicken	Serradella	Lupinen
Ernteergebnis	198 dz	144 dz	270 dz	256 dz	242 dz
Zugeführter Stickstoff in 1 kg Boden	—	—	132 mg	137 mg	118 mg

Der Unterschied zwischen den Teilstücken mit und ohne Gründüngung ist außerordentlich groß. Den geringsten Ertrag erbrachte die Parzelle, auf der im Vorjahre die stickstoffzehrenden Rüben gepflanzt waren. Auf dem Teilstück, das im Vorjahre brach gelegen hatte, ist der Ernteertrag etwas größer. Bedeutend größer sind die Erntemengen auf den Gründüngungsteilstücken. Bezogen auf eine Stickstoffzufuhr von 100 mg

für 1 kg Boden je Teilstück würden sich folgende Erntemengen ergeben:

Lupinen . . . . . = 205 dz je Hektar
Wicken . . . . . = 204 dz je Hektar
Serradella . . . . . = 187 dz je Hektar.

Die Wirkung der Gründüngung auf die Nachfrucht des ersten Jahres ist bei Lupinen und Wicken fast gleich groß, während sie bei Serradella etwas niedriger ist.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

I. Einfluß von verschiedenen organischen Stoffen auf den Stickstoffhaushalt des Bodens.

1. Der Gehalt eines Bodens an Nitratstickstoff wird durch Zusätze von Torf, Papier, Stroh und Sägemehl stark beeinflußt. Durch Torfzusatz ist in den ersten Wochen der Versuchszeit ein geringer Verlust eingetreten, während in der Folgezeit mehr Nitrat vorhanden war als im Boden ohne jeden Zusatz. Die Zusätze von Stroh, Papier und Sägemehl hatten bis zum Abschluß des Versuches eine mehr oder weniger große Abnahme des Nitratstickstoffes zur Folge.

2. Der Gehalt an Ammoniakstickstoff zeigte während der ganzen Versuchszeit keine großen Veränderungen.

3. Verluste an Gesamtstickstoff ließen sich nicht feststellen, sodaß als schädigender Einfluß der Zusätze von organischen Stoffen weniger ein Entweichen von elementarem Stickstoff angesehen werden kann als vielmehr eine Festlegung des leichtlöslichen Stickstoffes.

4. Der Ernteertrag steht in direkter Abhängigkeit von dem Salpetergehalt des Bodens. Er war am höchsten beim Boden mit Torfzusatz, dann folgte der Boden ohne Zusatz, während der Zusatz von Sägemehl den geringsten Ernteertrag erbrachte.

II. Einfluß von Gründüngung auf den Nährstoffgehalt des Bodens.

5. Durch das Unterbringen von Leguminosen erfolgte ein Ansteigen des Gehaltes von Nitratstickstoff. Dieser erhöhte Gehalt blieb bis zum Abschluß des Versuches vorhanden und war größer als auf den Parzellen ohne Gründüngung.

6. Es besteht nur kurze Zeit nach dem Unterbringen der Leguminosen ein Unterschied im Ammoniakgehalt der Parzellen mit und ohne Gründüngung.

7. Durch das Unterbringen der Gründüngung erfährt die Menge des vorhandenen Gesamtstickstoffes eine starke Erhöhung. Der zugeführte Stickstoff wird aber durch die Nachfrucht zum größten Teile wieder entzogen. In den Böden ohne Gründüngung ändert sich der Stickstoffgehalt nur wenig.

8. Der Gehalt der Gründüngungsparzellen an wurzellöslichem Kali erfährt nach dem Unterbringen der Leguminosen eine deutliche Zunahme.

9. Der Gehalt an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure erfährt durch die Gründüngung keine merkliche Beeinflussung.

10. Die durch Gründüngung zugeführte Menge Kohlenstoff bleibt während des Winters unverändert. In der kurzen Zeit von März bis Mai sinkt sie im Mittel der drei Böden auf die Hälfte. Von diesem Zeitpunkt an bis zum Abschluß des Versuches nimmt der Kohlenstoffgehalt nur noch wenig ab. Ein Teil des Gründüngungskohlenstoffes ist zweifellos in leicht oxydierbarer Form vorhanden, wie das auch R. Balks für Stalldünger nachgewiesen hat. In den Böden ohne Gründüngung hatte der Kohlenstoffgehalt während eines Jahres keine wesentlichen Veränderungen erlitten.

11. Die Leitfähigkeit des Bodens wird durch die Gründüngung deutlich erhöht und zeigt bemerkenswerte Beziehungen zum Nitratgehalt.

12. Der Ertrag wurde durch die Gründüngung erhöht. Die Wirkung der Gründüngung auf die im folgenden Jahre gebauten Kartoffeln war bei Lupinen und Wicken fast gleich groß, während sie bei Serradella etwas niedriger war.

Die vorstehende Arbeit entstand in der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Münster i. W. auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. A. Bömer und Herrn Dr. J. Hasenbäumer, dem Vorsteher der Abteilung für Bodenforschung. Beiden Herren bin ich für ihr Wohlwollen und ihre stets hilfsbereite Unterstützung zu großem Dank verpflichtet.

Literatur.

1. Landw. Jahrbücher 1926, **64**, 721.
2. Soil Science 1927, **24**, 51, zitiert nach Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 1929, Teil A, **13**, 192.
3. v. Seelhorst, Der Verbleib des Gründüngungsstickstoffes im Sandboden. Arbeiten der D. L. G. 1913, **241**, 78.
4. Paul Ehrenberg, Die Bewegung des Ammoniakstickstoffes in der Natur. Mitteilungen der Breslauer landw. Institute 1907, **4**, Heft I/II, 144.
5. J. Kostytschew, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, 1926, **1**, 201.
6. Fr. Czapek, Biochemie der Pflanzen, 1920, **2**, 176.
7. Zeitschrift für physiologische Chemie 1886, **2**, 145 und 438.
8. Gajon und Dupetit, Rech. sur la reduction de Nitrat, Nancy 1886.
9. Journal für Landwirtschaft 1897, **45**, 173.
10. Landw. Versuchsstationen 1900, **54**, 386.
11. H. Fischer, Landw. Jahrbücher 1911, **41**, 755.
12. Krüger und Schneidewind, Landw. Jahrbücher 1900, **29**, 747.
13. O. Nolte, Zentralblatt für Bakteriologie II. Abt., 1919, **49**, 182.
14. J. König, Wie kann der Landwirt den Stickstoffvorrat in seiner Wirtschaft erhalten und vermehren? Berlin, Verlag von Paul Parey, 1893.
15. Landw. Versuchsstationen 1924, **102**, 73.
16. Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten II. Abt., 1901, **7**, 567.
17. J. Kostytschew, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, 1926.
18. Kostytschew und Rystaltschuck, Compt. rend. hébd. des séances de l'académie des sciences 1925.
19. Anal. de l'Inst. Pasteur 1892, **6**, 302.
20. Landw. Versuchsstationen 1917, **89**, 241, und Mitteilungen der Breslauer landw. Institute 1904, **3**, Heft I, 144.
21. Landw. Versuchsstationen 1924, **102**.
22. Löhnis, Zur Frage der Stickstoffbindung im Ackerboden. Mitteilungen der Breslauer landw. Institute 1907, **4**, Heft I/II, 39.
23. Heinze, Ergebnisse der Halleschen Untersuchungen über die Brache. Arbeiten der D. L. G. 1928, **364**, 76.
24. Sonderheft 8 der Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung des Statistischen Reichsamtes. Berlin, Reimar Hobbing, 1928.
25. Schultz-Lupitz, Der Zwischenfruchtbau auf leichtem Boden. Arbeiten der D. L. G. 1891, **7**.
26. Lafar's, Handbuch der techn. Mykologie, 1904—1906, **3**, 222.
27. Landw. Versuchsstationen 1887, **33**, 464 und 1887, **34**, 460.
28. Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 1911, 152.
29. Hoffmann, Gründüngungswirtschaften. Arbeiten der D. L. G. **200**, 104.

30. Löhnis, Mitteilungen der D. L. G. 1927, Stück **17**, 468.
31. Mitteilungen der Breslauer landw. Institute 1909, **4**, 715.
32. Daselbst 1905, **3**, Heft II, 157.
33. J. König, Ermittlung des Düngerbedarfs des Bodens. Berlin 1929.
34. Zeitschrift f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde Teil A, 1926, **7**, 20.
35. Daselbst Teil A, 1929, **13**, 159.
36. Daselbst Teil B, 1924, **12**, 1.
37. Journal of Agricultural Science 1914, Part 1, 1.
38. M. Bach, Landw. Versuchsstationen 1926, **104**, 245. — P. Niemeyer, daselbst 1929, **108**, 305.
39. Vergleichende Studien über einige Methoden der Bodenanalyse. Compt. rend. 1923, **177**, 404/6.
40. Landw. Versuchsstationen 1925, **103**, 348.
41. J. König, Untersuchung landw. und gewerblich wichtiger Stoffe. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1911, 86.

Lebenslauf.

Am 18. März 1902 wurde ich als Sohn des Preußischen Zollsekretärs G. Mußla in Halbstadt in Böhmen geboren.

Von Ostern 1911 bis Mai 1919 besuchte ich das Realgymnasium zu Lübben (Spreewald). Nach bestandenem Abiturientenexamen im Mai 1919 trat ich als Freiwilliger beim Grenzschutz ein und wurde nach dessen Auflösung im Dezember 1919 entlassen.

Im April 1920 trat ich in die Lehre als Apotheker. Nach einer Lehrzeit von zwei Jahren und einer Assistentenzeit von einem Jahre studierte ich 2 Semester in Freiburg (Breisgau) und 2 Semester in Kiel Pharmazie. Nach im April 1925 bestandenem Staatsexamen studierte ich in Braunschweig und Münster Chemie, besonders Nahrungsmittelchemie. Im Sommer 1928 bestand ich das Staatsexamen als Nahrungsmittelchemiker und am 18. Dezember 1929 die mündliche Doktorprüfung.